

## INHALT

### Mitteilungen der DGKK

Stuttgart ehrt Kristallzüchterin .....	4
DGKK-Jahreshauptversammlung .....	6
Die DGKK im Internet .....	8

### Berichte aus den Arbeitskreisen

Epitaxie von III-V-Halbleitern .....	8
Kristalle für Laser und NLO .....	10
Intermetallische Systeme .....	10

### Kristallzucht in Deutschland

Fertigung von Spiegelöfen bei Gero .....	12
Einkristallzucht am IFW Dresden .....	13

### Konferenzberichte

DGKK-Jahrestagung ER2000 .....	23
Kinetik-Seminar der DGKK .....	27

### Termine

Treffen der Arbeitskreise .....	29
Kristallzuchtsschule 2000 .....	31
DGKK-Jahrestagung 2001 .....	32
Tagungskalender .....	32

### Bücherecke

Symmetrielehre der Kristallographie ....	33
------------------------------------------	----

### Schmunzelecke

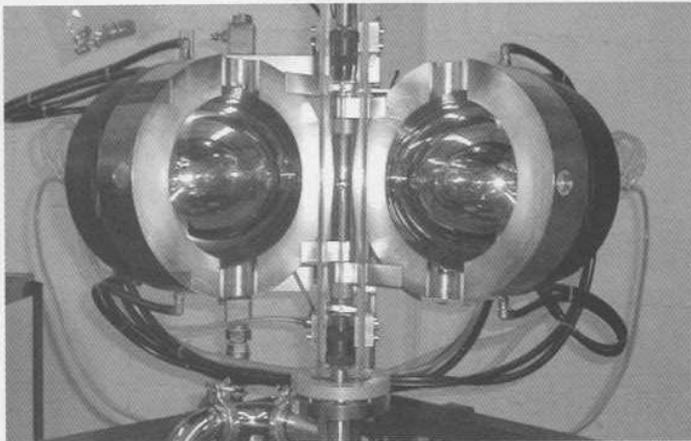
Aufklärung .....	34
Genauso war's .....	34

### Die Inserenten des Hefts .....

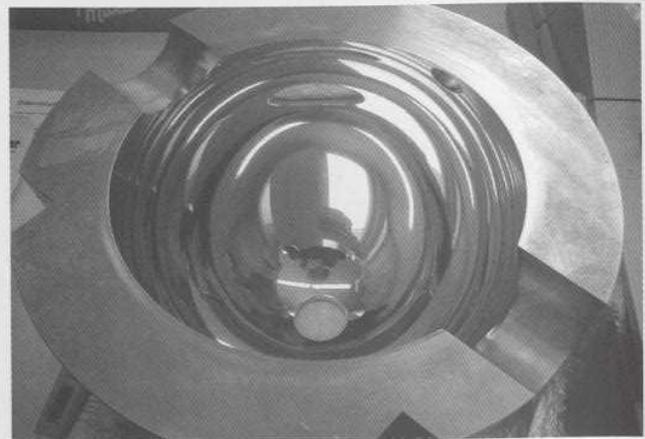
### Register

Frühere Artikel .....	36
-----------------------	----

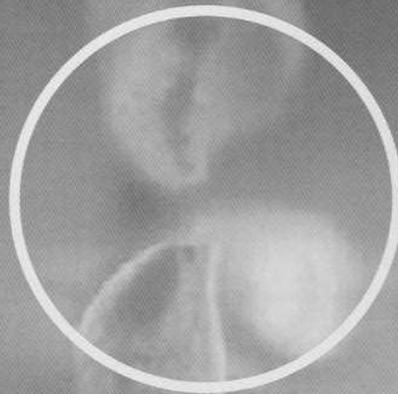
# 20 Jahre Erfahrung im Ofenbau - Gero Hochtemperaturöfen – Ihr Partner in der Kristallzüchtung



Zonenschmelzen in Spiegelöfen

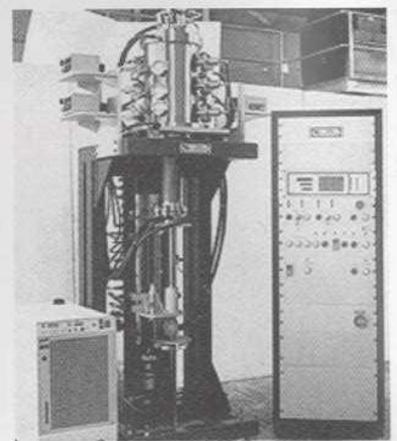


Kristallzüchtung in Sonderanlagen



## SYSTEMLÖSUNGEN DURCH KOMPETENZ INNOVATIV UND SICHER – OFENPROGRAMM:

Schutzgasumluftöfen	bis 900°C
Wärmeröhröfen, Heat Pipes	bis 1100°C
Retortenöfen und Wärmebehandlungsanlagen	bis 1250°C
MIM/CIM-Öfen	bis 1600°C
Keramikschmelzöfen	bis 1600°C
Vakuum- und Schutzgaslötöfen	bis 1600°C
Mikrowellentrocknungs- und Sinteranlagen	bis 1700°C
Röhröfen	bis 1800°C
Haubenöfen für Vakuum- und Schutzgasbetrieb	bis 2200°C
Czochralski- und Bridgman-Kristallziehenanlagen	bis 2200°C
Drucksinteröfen	bis 2200°C
Kalibrieröfen	bis 3000°C
Kammeröfen für Vakuum- und Schutzgasbetrieb	bis 3000°C



Kristallzüchtung -  
nach Bridgman oder  
Czochralski



**GERO Hochtemperaturöfen GmbH**  
Monbachstr. 5-7, 75242 Neuhausen  
Tel.: ++49-(0)7234-95220, Fax.: ++49-(0)7234-5379  
Internet: [www.gero-gmbh.de](http://www.gero-gmbh.de)

## Zum Titelbild



Wachstum von Si auf Si(001) in atomaren Dimensionen, "live" abgebildet mit dem Rastertunnelmikroskop (RTM), Bildgröße 2900 Å, Temperatur 450°C

Auf einer Siliziumoberfläche sind glatte Bereiche (Terrassen) durch atomare Stufen voneinander getrennt (linkes Bild). Die Oberfläche wird während des Siliziumwachstums mit der Spitze des Rastertunnelmikroskops abgerastert. Während des Kristallwachstums lagert sich Silizium an die Stufenkanten an und kleinste Inseln aus Siliziumatomen nukleieren (eingekreist im mittleren Bild). Das Wachstum an den Stufenkanten und die Entstehung von kleinsten Siliziuminseln kann während des Wachstums laufend verfolgt werden (mittleres Bild). Später wachsen die Inseln mit der oberen Terrasse zusammen (rechtes Bild). Viele solche Bilder hintereinander abgespielt ergeben Filme von Wachstumsvorgängen in atomaren Dimensionen, die auch im Internet abrufbar sind: <http://www.fz-juelich.de/video/voigtlaender/>.

Publ.:

B. Voigtländer, Th. Weber, P. Smilauer und D.E. Wolf  
Transition from Island growth to Step-Flow Growth for Si/Si(100) Epitaxy  
Physical Review Letters 78 (1997) 2164-2167

## Editorial

Liebe Leser,

auch im Jahre 2000 gibt es also noch die gedruckte Ausgabe unseres DGKK-Mitteilungsblattes, und das wird so wohl noch eine Weile bleiben, trotz der immer mehr wachsenden Bedeutung des Internet. Das Festhalten am gedruckten Medium mit seinen Bequemlichkeiten – eine Zeitung liest sich immer noch angenehmer, als der schönste Bildschirm – bedeutet jedoch nicht, daß in der DGKK nicht auf die neuen Medien und Informationsgewohnheiten reagiert würde. Sie merken das daran, daß sich das Informationsangebot auf den Internet-Seiten der DGKK immer mehr ausweitet und damit immer lesenswerter wird. Zu diesem Angebot gelangt man nun unter dem einfach zu merkenden Namen

<http://www.dgkk.de>

Bei der Zusammenstellung dieser Ausgabe hat uns die Möglichkeit der Internet-Begleitung des MB veranlaßt, das Leben für Konferenzberichtersteller beginnend mit der Jahrestagung DGKK2000 in Erlangen etwas einfacher zu gestalten:

Da es die Veranstalter dieser Tagung geschafft haben, das gesamte Abstractbändchen als computerlesbaren File anzufertigen, sind die Kurzzusammenfassungen sämtlicher Tagungsbeiträge während der nächsten Monate innerhalb des DGKK-Internet-Angebotes einsehbar. Die Berichtersteller brauchten daher nicht detaillierte Sitzungsprotokolle zu erstellen, sondern sie können in freierer Weise einen gegebenenfalls auch wertenden Überblick über die Beiträge zu dem von ihnen vertretenen Themenbereich geben. Um anderen einen Überblick geben zu können, muß man ihn erst einmal selbst besitzen, so daß wir für diese Art der Tagungs-

berichte erfahrene Mitglieder unserer Vereinigung zu gewinnen suchten. Diese sind in der Regel in leitender Position und mobilisieren sich naturgemäß nicht immer so einfach wie jüngere „Protokollanten“. Die Motivation über „Anordnung“ scheidet völlig aus und muß durch Bitte und Überzeugung ersetzt werden. Denen, die uns Beiträge geschickt haben, sagen wir daher ein großes Dankeschön und den Lesern, die gerne über mehr Themenfelder Berichte gefunden hätten, versichern wir, uns in dieser Richtung zu bemühen.

Das Medium Internet werden wir auch dann nutzen, wenn es zu einem Artikel in unserem Heft interessante Hintergrundinformationen in einem früheren Beitrag gibt. Wir werden diesen Beitrag dann den Lesern begleitend auf unserer WEB-Seite zur Verfügung stellen.

Bei der gerade abgehaltenen Jahrestagung in Erlangen wurde von unserem Vorsitzenden die Bedeutung der Epitaxie herausgestellt und es wurde die Notwendigkeit betont, für eine feste Verankerung dieses Gebiets in der DGKK zu sorgen. Da liegt natürlich unser Titelbild mit den Detailaufnahmen zur Homoepitaxie von Si „voll im Trend“. In diesem Zusammenhang gilt es zu bemerken, daß auch in vergangenen Jahren einige unserer bekanntesten Kristallzüchterinnen und Züchter gerade auf dem Gebiet der Epitaxie gearbeitet haben. Bei der Zusammenstellung dieses Hefts wurde ich daran unter anderem durch die Mitteilung erinnert, daß die von uns allen bewunderte und leider vor vier Jahren verstorbene DGKK-Preisträgerin Frau Bauser von Ihrer Heimatstadt Stuttgart mit der Vergabe eines Straßennamens geehrt wurde. Auch das Arbeitsgebiet „Kinetik“ entwickelt derzeit innerhalb der DGKK dank des energischen Antriebs durch Herrn Rudolph und seine Kollegen ungewöhnliche, neue Dynamik. Das zeigt der von Herrn Boeck verfaßte Bericht vom jüngst in Berlin abgehaltenen Kinetik-Seminar.

Erfolgreiche Aufbauarbeit wurde am bedeutenden Wissenschafts- und Technologiestandort Dresden geleistet: In Ihrem ausführlichen Beitrag beschreiben die Kollegen Behr und Löser Struktur und Arbeiten des modernen Kristalllabors, das innerhalb des Institutes für Festkörper- und Werkstoffforschung IFW, dem Nachfolger der früheren Zentralinstituts ZFW entstanden ist.

Damit ich auch in die künftigen Ausgaben dieser Zeitung Erfolgsgeschichten einbinden kann, wünsche ich Ihnen ein erfolgreiches, fruchtbares Sommerhalbjahr mit der dazu passenden, gesunden Balance von Regen und Sonnenschein.

Ihr Franz Ritter

## Notizen des Vorsitzenden

DGKK 2000 - das Motto der diesjährigen, in Erlangen abgehaltenen Jahrestagung der DGKK, könnte sich als tragfähig für die nächste Zeit erweisen, wenn es uns gelingt, den in Erlangen spürbar gewordenen Schwung innerhalb der DGKK noch zu verstärken.

Nicht nur die wärmende Märzsonne ließ frühlingshafte Gefühle in der DGKK aufkommen. So wurde nach langer Pause der DGKK-Preis wieder einmal verliehen - und das auch noch an einen jüngeren Kristallwissenschaftler. Die Vorstellung neuer Kristallwachstums- und Kristallzüchtungs-themen in den eingeladenen Hauptvorträgen der Jahrestagung wurde beifällig und mit großem Interesse aufgenommen. Nun sollten wir nachfassen und diese Themen am besten gleich zusammen mit den Fachvertretern in der DGKK verankern. Frankfurt wäre die nächste Gelegenheit dazu und natürlich die Arbeitskreise!

Apropos Arbeitskreise - mit 120 Teilnehmern pro Arbeitskreisveranstaltung zeigt der DGKK-Arbeitskreis "Epitaxie" wohin die Richtung beim Kristallwachstum und bei der Kristallzüchtung geht. Nicht, daß ich die Bedeutung des DGKK-

Traditionsthemas "Massivkristallzüchtung" abschwächen möchte (da braucht man bei meiner bulk-Vergangenheit bestimmt keine Sorge zu haben) - aber die vielen Kolleginnen und Kollegen, die von sich sagen, daß sie "Schichten wachsen" gehören zu uns. Vertun wir unsere Zeit nicht damit, ihnen mühsam erklären zu wollen, weshalb wir zwei K's in unserem Namen brauchen, sondern holen sie zu uns. Sie gehören fachlich zu uns, weil wir zu ihnen gehören. Das Substrat ist nichts ohne die Epi-Schicht und umgekehrt sowieso, aber beides zusammen „ist stark“ und „macht stark“ auch in der DGKK.

Der neu formierte DGKK-Arbeitskreis "Kinetik" macht es vor. Mit etwa 50 Teilnehmern und internationaler (holländischer!) Beteiligung ist Peter Rudolph et al. eine Initiative gelungen, in der künftig wieder stärker das "Wachstum" in der DGKK gepflegt werden kann. Ein echtes "Querschnittsthema", wie man heute dazu sagt, hoffentlich wächst das Kinetikpflänzlein so gut weiter, wie es angekeimt wurde. Das vorständliche DGKK-Gewächshaus wird jedenfalls alles tun um es zu hegen und zu pflegen.

#### Zum Schluß noch eine interessante Neuigkeit.

Unmittelbar nach der Entscheidung der DGKK-Jahreshauptversammlung, im nächsten Jahr die Tagung in Frankfurt und unter Beteiligung der französischen Kollegen von der GFCC abzuhalten, wurde uns vom GFCC-Vorstandsmitglied Thierry Duffar folgendes Angebot gemacht. Die GFCC möchte mit einer größeren Teilnehmerzahl 2001 in Frankfurt teilnehmen und das Tagungsprogramm gemeinsam mit der DGKK gestalten.

Der DGKK-Vorstand, zusammen mit Herrn Aßmus als Leiter der Frankfurter Tagung hat dieses Angebot gerne angenommen. Wir werden also im nächsten Jahr eine gemeinsame deutsch-französische Jahrestagung, mit Englisch als Tagungssprache in Frankfurt haben. Im Gegenzug wurde von Thierry Duffar das Angebot gemacht, im Jahr 2003 eine gemeinsame französisch-deutsche Jahrestagung von GFCC und DGKK in Frankreich abzuhalten. Beide Tagungen sollen auch dafür genutzt werden, Themengruppen zu definieren und mit Personen aus der GFCC und DGKK zu besetzen, die das wissenschaftliche Programm für ICCG 14 in Grenoble (2004) vorbereiten und organisieren.

Wichtig ist noch anzumerken, daß die Verantwortlichen von GFCC und DGKK für die beiden gemeinsamen Tagungen sich bemühen werden, die Teilnahmekosten möglichst niedrig zu halten, um Studenten und Doktoranden das Dabeisein zu ermöglichen.

Der Vorstand meint, dass wir diese europäische Weiterentwicklung unserer Jahrestagungen pflegen sollten und bittet deshalb die potentiellen Ausrichter (Berlin) um Flexibilität.

Mit diesen interessanten Aussichten darf ich mich mit den besten Wünschen für einen angenehmen Kristallwachstums-Frühling und Sommer von Ihnen verabschieden.

Ihr Georg Müller

## 2. Mitteilungen der DGKK

### Stuttgarter Strassenname für Kristallzüchterin

Die Stadt Stuttgart ehrt mit einem Strassennamen eine berühmte Kristallzüchterin, die in dieser Stadt 1934 geboren wurde und dort 1996 verstarb: Dr. Elisabeth Bauser, geborene Grobe. Sie promovierte bei Herrn Karl Seiler in Stuttgart, begann dann ihre Züchtungsarbeiten am Fernmeldetechnischen Zentralamt der Bundespost in Darmstadt und arbeitete dann seit der Gründung am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart. Sie schuf extrem perfekte GaAs- und Si-Kristalle mit der Flüssigphasenepitaxie, erforschte die Kinetik, Stufenwachstum, Keimbildung, erreichte perfektes Überwachsen von Oxidschichten und erhielt einen internationalen Preis. Ihr Mentor und dankbarer Nutznießer ihrer Kristalle, Hans Joachim Queisser (unser Bild), ganz frühes DGKK-Mitglied, beantragte erfolgreich die offizielle Benennung einer Straße in Stuttgart-Büsnau.

*Dieser Bericht erreichte uns dankenswerterweise über Herrn Prof. Queisser aus Stuttgart. Bei dem hier genannten internationalen Preis handelt es sich um den Forschungspreis "IBM-Europe". Daneben ist Frau Bauser auch Trägerin des DGKK-Preises. (Die Red.)*



Bild 1: Prof. Queisser in der Straße, die den Namen der DGKK-Preisträgerin Frau Dr. Elisabeth Bauser trägt

# Freiberger

## Worldwide Customer Support

### North America

Freiberger Compound Materials USA, Inc.  
4259 West Swamp Road  
Doylestown, PA 18901  
Phone (+1) 215 345 6445  
Fax (+1) 215 345 6298  
E-mail: fcmusa@aol.com

### Western Europe

except Germany, Austria  
Groupe Arnaud  
Dr. Elie Prudhommeaux  
68, Av. du General Michel Bizot  
F-75012 Paris  
Phone (+33) 1 44 73 10 70  
Fax (+33) 1 44 73 10 53  
E-mail: Elie.Prudhommeaux@a-arnaud.fr

### Korea

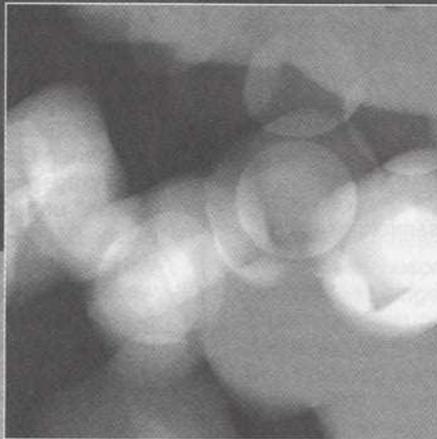
Seokyo Commerce Co. Ltd.  
J. H. Jung  
Baekje Bldg. #201, 980-29,  
Bang Bae Dong,  
Seochoku Seoul  
137-060, Korea  
Phone (+82) 25 97 39 61  
Fax (+82) 25 97 39 64  
E-mail: seokyo@netsgo.com

### Japan

Pechiney Japon  
Kazunori Anzai  
29 Fl. Shinjuku Mitsui Bldg.  
2-1-1 Nishi Shinjuku  
Shinjuku-ku, Tokyo 163-04  
Phone (+81) 3 33 49-67 05  
Fax (+81) 3 33 49-67 78  
E-mail: K.anzai@pechiney.co.jp

### Taiwan

V-TEK Co. Ltd.  
Albert Hong  
No. 205 Kaotsui Rd.  
R.O.C. Hsinchu, Taiwan  
Phone (+8 86) 35 77 73 62  
Fax (+8 86) 35 77 73 35  
E-mail: vtc01@ms12.hinet.net



## Gallium Arsenide substrates for micro- and optoelectronics

- Semi-insulating  
VGF and LEC wafers up to 6"
- Semi-conducting  
VGF and LEC wafers up to 4"
- Comprehensive crystal and  
wafer characterization
- Bulk material with extremely  
low residual impurity  
concentration
- High uniformity of electrical  
parameters for ion-implantation
- Excellent surface quality for  
epitaxial growth
- Laser-marking options

### Freiberger Compound Materials GmbH

Am Junger Löwe Schacht 5

D-09599 Freiberg, Germany

Phone (+49) 3731 2 80-0

Fax (+49) 3731 2 80-1 06

E-mail [info@fcm-germany.com](mailto:info@fcm-germany.com)

[www.fcm-germany.com](http://www.fcm-germany.com)



In alliance with the future

## Protokoll der DGKK-Jahreshauptversammlung 2000

Ort : Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Hörsaalgebäude der Technischen Fakultät, Hörsaal H9  
Erwin-Rommel Str. 60  
91058 Erlangen

Teilnehmer: Mitglieder

Aßmus, W.; v. Ammon, W.; Bender, K.; Becker, P.; Behr, G.; Bitterlich, H.; Boeck, T.; Bohaty, L.; Czupalla, M.; Cross, C.; Diehl, R.; Dittrich, U.; Dohnke, I.; Dold, P.; Ebling, D.; Epelbaum, B.; Fischer, B.; Fischer-Suffin, C.; Föllner, H.; Frank, Ch.; Gille, P.; Görnert, P.; Graw, G.; Heuken, M.; Hofmann, D.; Irmscher, K.; Jakobs, K.; Kerat, U.; Korth, J.; Kurtze, A.; Lommel, B.; Lüdge, A.; Matsumoto, K.; Mühlberg, M.; Müller, G. Müller, M.; Müller-Vogt, G.; Neubert, M.; Paus, H.; Ritter, F.; Rost, H.-J.; Rudolph, P.; Schönherr, Scholz, B.; Schwabe, D.; Seidl, A.; Siche, D.; Sickinger, P.; Stenzenberger, J.; Strunk, H.; Sussiek, C.; Walcher, H.; Wawra, H.; Weinert, B.; Wellman, P.; Winkler, M.; Winnaker, A.; Woensdregt, C.; Wolf, Th.; Wunderwald, U.;

Gäste :

Aigner, M.; Breu, M.; Bülesfield, F.; Dahlmann, E.; Herrmann, R.; Kindler, B.; Koidl, P.; Löffert, A.; Löser, W.; Luther, K.-D.; Meeldijk, H.; Murakami, K.; Nitsch, K.; Prokofiev, A.; Richtering, W.; Schwientek, S.; Sterzel, R.; Ueltzen, M.; Uhrig, E.; Wang, B.-G

### 1. Begrüßung und Feststellung der Beschlussfähigkeit

Herr Müller begrüßt die Mitglieder und Gäste der Versammlung und stellt fest, dass die Mitgliederversammlung mit 60 anwesenden Mitgliedern beschlussfähig ist.

### 2. Bericht des Vorsitzenden

Georg Müller berichtet:

#### Situation der DGKK

##### Einschätzung der organisatorischen Situation der DGKK

Der Vorsitzende schätzt ein, dass sich die DGKK organisatorisch in einem guten Zustand befindet: Die Mitgliederentwicklung ist stabil, die Finanzsituation seit Jahren im Plus. Das Mitteilungsblatt hat inhaltlich regelmäßig ein gutes Niveau, wofür besonders Herrn Ritter zu danken ist. Weiterhin ist die DGKK jetzt unter eigener Adresse und mit neuen Möglichkeiten unter [www.dgkk.de](http://www.dgkk.de) im Internet vertreten.

##### Einschätzung der fachlichen Situation des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung

Traditionelle Arbeitsgebiete der DGKK, z.B. die Züchtung von Halbleiter- und Oxidkristallen, profitieren derzeit vom konjunkturellen Aufschwung der Halbleiterindustrie und der Kommunikationstechniken.

Dies gilt sowohl für die Züchtung von Volumenkristallen als auch für die Epitaxie. Beispiele für neue, aufregende Themen sind SiC und die Gruppe-III-Nitride. Die potentielle Möglichkeit, Glühbirnen durch weiße LEDs zu ersetzen, lässt einen Markt für Substrate und Epitaxie erwarten. Das würde auch eine große Nachfrage an Kristallwachstums- und Züchtungs - Know how sowie an entsprechenden Fachleuten bedeuten.

Ein interessantes Beispiel ist das CaF<sub>2</sub>. Durch den Boom in der Mikroelektronik ist hier plötzlich ein Bedarf an großen Kristallen in erheblichem Umfang entstanden. Solche Kristalle waren am Firmenstand von Schott zu sehen. Dies macht deutlich, wie wichtig es ist, dass es in dem Industrieland

Deutschland schnell verfügbares „Kristallzüchtungs - Know how“ gibt. Dies ist eine Kernaufgabe der DGKK. Die DGKK muss auch künftig verstärkt dazu beitragen, dass auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung alle Bereiche wie Forschung, Lehre und Ausbildung und die Technologie intensiv gefördert werden, so wie es die Satzung (§2 Abs.1) fordert.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob dieser Auftrag genügend ausgeschöpft wird, und ob wirklich alle Möglichkeiten genutzt werden.

Die Thematik „Kristallines Wachstum und Herstellung von kristallinen Werkstoffen“ stellt ein sehr umfassendes Gebiet dar. Dieses Fachgebiet ist eine Querschnittsdisziplin par excellence mit engen Verbindungen zu Physik, Elektrotechnik, Metallurgie, Chemie, Biotechnologie, Lebensmitteltechnik, ... sowie den dazugehörigen Industriezweigen. Daraus erwächst für die DGKK die Aufgabe, das auf den unterschiedlichen Gebieten vorhandene Wissen über kristallines Wachstum und Züchtung in diese anderen Gebiete hineinzutragen.

Trotz der Schlüsselrolle von Massivkristallen erscheint dem Vorstand dieses Gebiet künftig allein als nicht breit genug für die DGKK. Daher sollte unser Wissen verstärkt in andere verwandte Gebiete wie

- Epitaxie (trotz eines DGKK-Arbeitskreises ist die Epitaxie in der DGKK nicht genügend verankert)
- Abscheidung polykristalliner Dünnschichten
- Nanotechnologie
- Metallurgie
- Biologische Kristalle
- Herstellung von Funktionswerkstoffen mit maßgeschneiderten Eigenschaften

hineintragen werden. Die DGKK sollte sich noch weiter „öffnen“ und Kontakte in diese Themenbereiche knüpfen. Zu dieser DGKK-Tagung wurden deshalb auch Vortagende aus den genannten angrenzenden Fachgebieten eingeladen. Ein weiteres gelungenes Beispiel für diese Erweiterung ist der auf Anregung des Vorstandes gegründete Arbeitskreis „Kinetik“ (siehe Bericht von Peter Rudolph im Abschnitt „Arbeitskreise“).

#### DGKK – Tagungen

- 2001 : trotz ICCG in Japan wird eine deutsche DGKK-Tagung organisiert (Vorstandswahl!)  
Ort : Uni Frankfurt
- 2002 : Tagung zusammen mit der israelischen Kristallzüchtungsorganisation in Israel – bei möglichst niedrigen Kosten
- 2003 : Berlin zusammen mit DGK (Humboldt Uni wird bis dahin umgezogen sein)
- 2004 : DGKK – Jahrestagung in Grenoble während ICCG-14

#### DGKK – Schulungen

- 2000 : Schule zur Epitaxie : 11.-14.9. in Cottbus;  
Organisation: T. Boek

#### Internationale Schulungen

- 2000 Kristallzüchtungstechnologie ISCGT2: 22.8. - 29.8. in Zao (Japan, Organisation: Prof. Fukuda/Prof. Scheel)
- 2001 Schule ISSCG -11 in Japan zusammen mit der ICCG-13 in Kyoto
- 2004 als europäischer Vorschlag wurden IOCG-14 und ISSCG-12 nach Grenoble bzw. Berlin geholt.

**ISSCG 12** in Berlin

Termin : 2. – 7. August 2004  
 Chairman: G. Müller, NN (GFCC)  
 Lokale Organisation: T. Boeck, A. Lüdge,  
 P. Rudolph, J. Warneke

**IOCG 14** in Grenoble

Termin: 9. – 14. August 2004  
 Chairman: NN (GFCC) NN (DGKK)  
 Lokale Organisation: T. Duffar

**DGKK Preis**

In diesem Jahr ist es gelungen, den DGKK-Preis wieder zu verleihen. Herzlichen Glückwunsch an den Preisträger Herrn Neubert. Der Preis sollte wieder alle 2 Jahre verliehen werden. Die DGKK sollte nicht noch einmal auf die Verleihung des Preises verzichten.

**3. Bericht des Schriftführers**

Frau Lüdge berichtet, dass es im letzten Jahr 14 Austritte und 26 Eintritte von Mitgliedern gab. Damit hat die DGKK aktuell 430 Mitglieder. Allerdings sind davon 77 Mitglieder, die mit Ihrem Beitrag mehr als 3 Jahre im Rückstand sind.

Es werden nochmals alle Mitglieder gebeten, die Email-Adressen zu aktualisieren, da bei der letzten Versendung wieder 10 Adressen nicht stimmten.

Zur Internet-Präsenz der DGKK im Web, die im IKZ von Herrn Rehse betreut wird:

Die Suchfunktion auf der Homepage funktioniert jetzt, d.h. man kann durch Stichworte weitere Ansprechpartner finden oder auch eine freie Suche nach Orten und Namen durchführen.

**4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer**

Herr Müller-Vogt berichtet über die finanzielle Situation der DGKK. Zunächst bedankt er sich bei den niederländischen Kollegen auch für die großzügige Abrechnung der gemeinsamen Tagung im vorigen Jahr.

**Kontostände DGKK 2000****Kontostände Postbank:**

zum 25.02.1999	16 901.15 DM
zum 13.03.2000	18 335.55 DM
Zugang	1 434.40 DM

**Kontostände Sparkasse:**

zum 25.02.1999	47 749.43 DM
zum 13.03.2000	17 275.23 DM
Zugang	-30 474.20 DM

**Kontostände Festgeld:**

zum 25.02.1999	46 000.00 DM
zum 13.03.2000	46 000.00 DM
Zugang	0.00 DM

**Kontostände insgesamt:**

zum 25.02.1999	110 650.58 DM
zum 13.03.2000	81 610.78 DM
	-29 039.80 DM

Die Gesellschaft hat eine gute Finanzdecke. Die Kosten des Mitteilungsblattes betragen durch die druckreife Abgabe des Manuskriptes von Herrn Ritter nur noch 8000 DM (vorher 10.000 DM). Die Internet-Präsenz wird etwa genauso viel kosten. Es wird zu überlegen sein, ob der Mitgliedsbeitrag so konstant bleiben kann, wenn sowohl das Mitteilungsblatt als auch die Internetpräsenz in Zukunft beibehalten werden.

200 Mitglieder nehmen am Einzugsverfahren teil – damit erleichtern Sie uns die Arbeit sehr! Wer Interesse daran hat, neu am Einzugsverfahren teilzunehmen, eine Mitteilung an den Schatzmeister oder die Schriftführerin genügt!

Der Bericht der Kassenprüfer wird von M. Mühlberg vorgetragen.

Alle Eingaben und Ausgaben wurden geprüft. Es konnte festgestellt werden, dass die Kasse korrekt geführt wurde.

**5. Entlastung des Vorstandes**

Für den Antrag zur Entlastung des Vorstands gab es:  
 60 Stimmen dafür, keine Enthaltung, keine Gegenstimme

**6. Diskussion über Tagungen und Symposien****DGKK Symposium und Jahrestagung 2001 und 2002****2001:**

DGKK-Jahrestagung in Frankfurt/Main zusammen mit den französischen Kollegen (auch in Vorbereitung der internationalen Tagung 2004)

Herr Assmus wird die Tagung sehr gern ausrichten.

Frankfurt als Tagungsort wird schwierig werden wegen der vielfältigen Messen im März.

Andere Möglichkeit: Lufthansa-Bildungszentrum in Seeheim-Jugenheim für 169 DM/Tag komplett inklusive Übernachtung, Vollpension und Hörsaal mit dem Vorteil, dass alle Teilnehmer zusammen auch die Abende verbringen könnten. Studenten sollten finanziell unterstützt werden. Der genaue Termin wird mit Herrn Assmus abgestimmt.

Die Mitgliederversammlung stimmt dem Vorschlag zu.

**2002 :**

Es wird der Vorschlag zu einer gemeinsamen Tagung mit der israelischen Schwesterorganisation unterbreitet. Für die DGKK wäre es eine Erweiterung der Kontaktmöglichkeiten. Eine finanzielle Unterstützung verschiedener Einrichtungen könnte wegen der besonderen Beziehungen zwischen Israel und Deutschland eingeworben werden.

Zusammenfassung: die Idee wird begrüßt, es bestehen Bedenken bzgl. der Kosten.

Der Vorstand wird sich um preiswerte Flugmöglichkeiten und Unterkünfte kümmern, um die Teilnahme vieler DGKK-Mitglieder, besonders auch von Studenten und Postdoktoranden, zu ermöglichen. Es wird ein gutes Finanzierungskonzept gesucht.

**7. Beschluss über die Jahrestagung 2001**

Dem Vorschlag Frankfurt wird zugestimmt.

**8. Diskussion über DGKK - Arbeitskreise:****Herstellung und Charakterisierung von massiven Kristallen der Verbindungshalbleiter GaAs, InP, SiC**

Leiter : Herr Müller/Herr Winnacker

Herr Winnacker berichtet:

1999 gab es 2 Tagungen, eine im Frühjahr in Erlangen, eine im Herbst in Freiberg mit 15 bzw. 21 Vorträgen.

Themen: GaAs mit Industriepartner FCM, InP spielt keine Rolle mehr, dafür ist SiC dazugekommen, die Industrie hat sich für SiC formiert durch den Zusammenschluss von Si-Kristall und Freitronik zu Si-Crystal AG. Das nächste Treffen findet direkt im Anschluß an die DGKK-Tagung statt.

Durch die großzügige finanzielle Unterstützung des Workshops durch die ausstellenden Firmen sowie zweier "Nicht-Aussteller" konnte auch für das leibliche Wohl der Teilnehmer bei den Kaffeepausen und dem "Workshop-Dinner" bestens gesorgt werden, ohne die Teilnehmergebühren gegenüber den letzten Jahren erhöhen zu müssen. Ein reduzierter Tagungsbeitrag spornte auch viele Diplomanden und junge Doktoranden zur Teilnahme an.

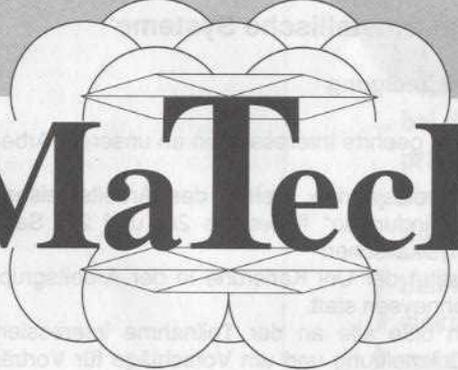
Die insgesamt 51 Diskussionsbeiträge waren in 8 Sitzungen organisiert, wobei leider wegen der großen Beitragszahl auf Parallel-Sitzungen nicht verzichtet werden konnte. Wie schon seit einigen Jahren lag der Schwerpunkt der Epitaxiemethoden bei der metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE). Die Molekularstrahl-Epitaxie-Gemeinde war mit 9 Beiträgen relativ schwach vertreten, sicher auch deshalb, weil zu diesem Thema ebenfalls eine jährliche Workshop-Serie stattfindet, 1999 veranstaltet vom Physikalischen Institut der Universität Würzburg im September. Vielleicht gelingt es in Zukunft, diese beiden Veranstaltungen besser aufeinander abzustimmen, um dem ursprünglichen Gedanken des Workshops besser Rechnung tragen zu können, nämlich der gegenseitigen Befruchtung über die unterschiedlichen Methoden hinweg. An weiteren Epitaxiemethoden war lediglich die Hybrid-Gasphasenepitaxie (1 Beitrag) vertreten

Die MOVPE hat sich inzwischen als ausgereifte Produktionsmethode etabliert.

Dies zeigten viele Beiträge zur Epitaxie in Multiwafer-Anlagen bzw. auf großen (4 Zoll und 6 Zoll) Substraten. Mittels in-situ-Meßmethoden kann hierbei die Prozess-Sicherheit noch weiter verbessert werden. Auf diesem Gebiet konnte sich die Arbeitsgruppe um W. Richter und T. Zettler (TU Berlin) eine internationale Spitzenstellung erarbeiten. Einige Beiträge zum Workshop belegten dies wieder eindrucklich. Aber auch ex-situ können sich den epitaxierten Strukturen noch neue Geheimnisse entlocken lassen, wie etwa Aussagen zu Grenzflächen-güte mittels selektivem Ätzen und Rasterkraftmikroskopie (S. Nau et al., Uni Marburg) oder zur Kompositionsbestimmung mit nuklearen Analyseverfahren (J.W. Gerlach et al., Uni Augsburg) belegten.

Auch bei der Suche und Etablierung alternativer Quellen bzw. Trägergase gab es Fortschritte zu berichten. So wurden u.a. die bereits in Braunschweig diskutierten Arbeiten zu flüssigen Dotierstoffquellen (Unis Duisburg und Marburg) erfolgreich weitergeführt, ebenso wie Untersuchungen zur Verwendung von Stickstoff statt Wasserstoff als Trägergas (FZ Jülich, KTH Kista).

Demgegenüber waren deutlich weniger Beiträge zur Epitaxie von selbstorganisierten ("self-assembled") Quantenpunkten nach dem Stranski-Krastanov-Verfahren zu verzeichnen. In einer Arbeitsgruppe der TU Braunschweig (A.S. Bakin et al.) gelang die Herstellung von InP-Quantenpunkten auf Si sowie deren Nutzung zur Strukturierung dieser Substrate. Auch in-situ-Ätzmethoden erlauben eine einfache laterale Strukturierung, wie Y. Nakamura et. al. (MPI Stuttgart) in einem MBE-Beitrag berichtete.



# MaTeck

Im Langenbroich 20  
D-52428 Jülich

Telefon: 02461 - 9352 0

Telefax: 02461 - 9352 11

e-mail: Mateck.Schlich @ T-Online.De

<http://www.mateck.de>

## Unser Leistungsangebot:

● Kristallzüchtungen von Metallen  
und deren Legierungen

● Kristallpräparation (Formgebung,  
Polieren und Orientieren)

● Reinstmaterialien (99,9 - 99,9999 %)

● Substrate, Wafer, Targets  
(SrTiO<sub>3</sub>, MgO, YSZ, NdGaO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc)

● Auftragsforschung  
für Werkstoffe und Kristalle

**Material-Technologie**



**Kristalle**

**für FORSCHUNG, ENTWICKLUNG und PRODUKTION**

Durch die großzügige finanzielle Unterstützung des Workshops durch die ausstellenden Firmen sowie zweier "Nicht-Aussteller" konnte auch für das leibliche Wohl der Teilnehmer bei den Kaffeepausen und dem "Workshop-Dinner" bestens gesorgt werden, ohne die Teilnehmergebühren gegenüber den letzten Jahren erhöhen zu müssen. Ein reduzierter Tagungsbeitrag spornte auch viele Diplomanden und junge Doktoranden zur Teilnahme an.

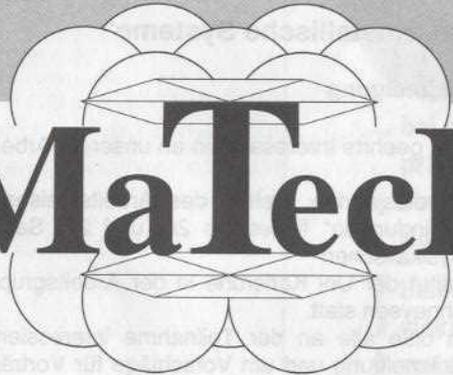
Die insgesamt 51 Diskussionsbeiträge waren in 8 Sitzungen organisiert, wobei leider wegen der großen Beitragszahl auf Parallel-Sitzungen nicht verzichtet werden konnte. Wie schon seit einigen Jahren lag der Schwerpunkt der Epitaxiemethoden bei der metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE). Die Molekularstrahl-Epitaxie-Gemeinde war mit 9 Beiträgen relativ schwach vertreten, sicher auch deshalb, weil zu diesem Thema ebenfalls eine jährliche Workshop-Serie stattfindet, 1999 veranstaltet vom Physikalischen Institut der Universität Würzburg im September. Vielleicht gelingt es in Zukunft, diese beiden Veranstaltungen besser aufeinander abzustimmen, um dem ursprünglichen Gedanken des Workshops besser Rechnung tragen zu können, nämlich der gegenseitigen Befruchtung über die unterschiedlichen Methoden hinweg. An weiteren Epitaxiemethoden war lediglich die Hybrid-Gasphasenepitaxie (1 Beitrag) vertreten

Die MOVPE hat sich inzwischen als ausgereifte Produktionsmethode etabliert.

Dies zeigten viele Beiträge zur Epitaxie in Multiwafer-Anlagen bzw. auf großen (4 Zoll und 6 Zoll) Substraten. Mittels in-situ-Meßmethoden kann hierbei die Prozess-Sicherheit noch weiter verbessert werden. Auf diesem Gebiet konnte sich die Arbeitsgruppe um W. Richter und T. Zettler (TU Berlin) eine internationale Spitzenstellung erarbeiten. Einige Beiträge zum Workshop belegten dies wieder eindrücklich. Aber auch ex-situ können sich den epitaxierten Strukturen noch neue Geheimnisse entlocken lassen, wie etwa Aussagen zu Grenzflächengüte mittels selektivem Ätzen und Rasterkraftmikroskopie (S. Nau et al., Uni Marburg) oder zur Kompositionsbestimmung mit nuklearen Analyseverfahren (J.W. Gerlach et al., Uni Augsburg) belegten.

Auch bei der Suche und Etablierung alternativer Quellen bzw. Trägergase gab es Fortschritte zu berichten. So wurden u.a. die bereits in Braunschweig diskutierten Arbeiten zu flüssigen Dotierstoffquellen (Unis Duisburg und Marburg) erfolgreich weitergeführt, ebenso wie Untersuchungen zur Verwendung von Stickstoff statt Wasserstoff als Trägergas (FZ Jülich, KTH Kista).

Demgegenüber waren deutlich weniger Beiträge zur Epitaxie von selbstorganisierten ("self-assembled") Quantenpunkten nach dem Stranski-Krastanov-Verfahren zu verzeichnen. In einer Arbeitsgruppe der TU Braunschweig (A.S. Bakin et al.) gelang die Herstellung von InP-Quantenpunkten auf Si sowie deren Nutzung zur Strukturierung dieser Substrate. Auch in-situ-Ätzmethoden erlauben eine einfache laterale Strukturierung, wie Y. Nakamura et. al. (MPI Stuttgart) in einem MBE-Beitrag berichtete.



# MaTeck

Im Langenbroich 20  
D-52428 Jülich

Telefon: 02461 - 9352 0

Telefax: 02461 - 9352 11

e-mail: Mateck.Schlich @ T-Online.De

<http://www.mateck.de>

## Unser Leistungsangebot:

● Kristallzüchtungen von Metallen  
und deren Legierungen

● Kristallpräparation (Formgebung,  
Polieren und Orientieren)

● Reinstmaterialien (99,9 - 99,9999 %)

● Substrate, Wafer, Targets  
(SrTiO<sub>3</sub>, MgO, YSZ, NdGaO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc)

● Auftragsforschung  
für Werkstoffe und Kristalle

**Material-Technologie**



**Kristalle**

**für FORSCHUNG, ENTWICKLUNG und PRODUKTION**

Eine Sitzung war Bauelement-Strukturen gewidmet. Hier hatten Laser-Beiträge die Übermacht (u.a. FBH Berlin). So konnten in Stuttgart (D. Graef et al, Uni Stuttgart) erfolgreich rot emittierende VCSELs (oberflächenemittierende Halbleiterlaser mit vertikalem Resonator) hergestellt werden. Bei Solarzellen hat das ISE in Freiburg seine internationale Spitzenstellung durch die Etablierung der MOVPE-Technologie behaupten können.

F. Dimroth berichtete von überraschend guten Ergebnissen hochverspannter GaInAs-Strukturen auf GaAs, wie sie für Tandem-Solarzellen notwendig sind. Auch auf diesem Workshop bildeten Beiträge zur Epitaxie von Gruppe III-Nitriden die größte thematisch zusammenhängende Gruppe, die in zwei Sitzungen behandelt wurden. Erste Schritte zur Herstellung von GaN-Quasisubstraten werden zur Zeit an der Uni Ulm (H.Y.A. Chung et al.) begangen. Wie sich solche dicken Epitaxieschichten wieder durch Laserbeschuss vom Fremdsubstrat trennen lassen, schilderte eindrucksvoll C.R. Miskys (WSI München). Von der gleichen Gruppe (U. Karrer et al.) wurden auch interessante Effekte auf Elektronen- und Löchergase durch die in Nitriden riesigen inneren elektrischen Felder berichtet. Weitere Beiträge widmeten sich dem nach wie vor schwierigen Wachstum von In-haltigen Schichten. Immerhin gelang es vor kurzem Wissenschaftlern von Osram OS (Regensburg), den ersten europäischen Nitridlaser herzustellen. Neueste Ergebnisse hierzu berichtete S. Bader.

Schließlich wurden auch neue Fortschritte am anderen Ende der Energieskala diskutiert: Mit fünf Beiträgen zogen die Antimonide ebenfalls viel Aufmerksamkeit auf sich. Anwendungsfelder sind hier Infrarot-Laser (J. Kluth et al., RWTH Aachen), aber auch Laser für die Telekommunikation (1,55µm), gitterangepasst zu GaAs (I. Ecker et al., Uni Ulm), sowie Solarzellen mit kleiner Energielücke (C. Agert et al., ISE Freiburg).

Mit einer offenen Plenardiskussion am letzten Nachmittag wurde der Versuch gemacht, Probleme aus dem Alltag des Labors mit den Kollegen zu diskutieren, die für unsere Arbeiten zwar von großer Bedeutung sind, wegen ihres mehr technischen Aspekts aber kaum bei anderen Gelegenheiten zur Sprache kommen. Einige Diskussionsanstöße wurden durch kurze Beiträge u.a. zur Giftgasanalyse im Labor, zum Gefahrgut-Transport und zu schwierig zu lokalisierenden Problemen bei Pneumatik-Ventilen geliefert.

Der Forderung nach offenem und intensivem Gedankenaustausch trugen alle Teilnehmer einerseits durch die Gestaltung ihrer Beiträge, andererseits durch aktive Beteiligung an den Diskussionen innerhalb und außerhalb der Vortragssäle hervorragend Rechnung. Für letzteres war beste Gelegenheit während der großzügig bemessenen Kaffeepausen sowie insbesondere beim "Workshop-Dinner", einem opulenten kaltwarmen Buffet, das uns durch die großzügige Unterstützung zweier namhafter Firmen ermöglicht wurde. Die angenehme Atmosphäre, nicht zuletzt bei freier Auswahl von Speis und Trank, wurde von einigen Teilnehmern bis weit nach Mitternacht im regen Gespräch genossen.

Ute Esser

## „Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

### Ankündigung

Die nächste Arbeitskreistagung ist für den 28./29. September 2000 vereinbarungsgemäß in Bonn geplant.

Alle Mitglieder des Arbeitskreises und weitere Interessenten sind herzlich eingeladen.

Vorträge und Diskussionsbeiträge sind erwünscht und können ab sofort (bis Ende August 2000) angemeldet werden. Wir würden uns auch für Beiträge im Rahmen des Doktorandenforums freuen.

Ansprechpartner:

Dr. Franz Wallrafen  
Mineralogisches Institut  
der Universität Bonn  
Poppelsdorfer Schloß  
53115 Bonn  
Tel.: 0228/73-2961, -3817  
FAX: 0228/73-2770  
E-Mail: crystal.growth@uni-bonn.de

Prof. Dr. Manfred Mühlberg  
Universität zu Köln  
Institut für Kristallographie  
Zülpicher Str. 49b  
50674 Köln  
Tel.: 0221/470-4420  
FAX: 0221/470-4963  
E-Mail: m.muehlberg@kri.uni-koeln.de

Hotelreservierung:

Tourismus & Congress GmbH, Friedrich-Ebert-Allee 26, 53113 Bonn,  
Tel.: 0228/91041-60, FAX: 0228/91041-11/-69, E-Mail:  
info@tourcon-bonn.de  
bzw. [www.bonn-region.de](http://www.bonn-region.de); [www.bonnseite.de](http://www.bonnseite.de); [www.hrs.de](http://www.hrs.de) oder  
[www.bonn.de/tourismus](http://www.bonn.de/tourismus).

Nähere Informationen sind ab Anfang Mai unter  
[www.uni-koeln.de/math-nat-fak/kristall/ak\\_oxid2000.html](http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/kristall/ak_oxid2000.html)  
bzw. auf der Homepage der DGKK zu erhalten.

Ihre Teilnahme sollten Sie bis zum 31.08.2000 bestätigen.

gez. Dr. F. Wallrafen  
Prof. Dr. M. Mühlberg

## „Intermetallische Systeme“

### Ankündigung

Sehr geehrte Interessenten an unserem Arbeitskreis,

das diesjährige Treffen des Arbeitskreises "Intermetallische Verbindungen" findet am 28. und 29. September 2000 am Physikalischen Institut der Uni Karlsruhe in der Arbeitsgruppe von Prof. von Löhneysen statt.

Ich bitte alle an der Teilnahme interessierten Kollegen um Rückmeldung und um Vorschläge für Vorträge, die sie in wie immer recht zwangloser Atmosphäre vorzutragen gedenken. Die Adresse hierfür lautet:

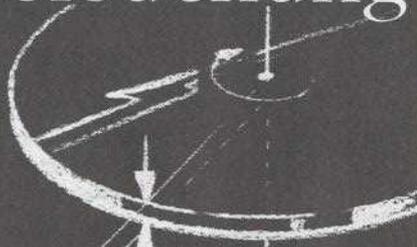
Dr. Günter Behr  
Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden  
Postfach 270016  
01171 Dresden  
Tel.: 0351-4659404  
Fax: 0351-4659480  
email: behr@ifw-dresden.de

Die Details werde ich dann mit den ausrichtenden Fachkollegen besprechen und Sie über das Programm informieren.

Mit freundlichen Grüßen

Günter Behr

# Hauch- zarte Versuchung



$a < 50 - 100 \mu m$

Der Polierkopf,  
der für Sie mitdenkt ...



... bei der geometrisch  
präzisen Probenpräparation  
von Wafern und anderen  
Komponenten wie:

- > Halbleitermaterialien
- > elektro-optischen Werkstoffen
- > metallischen Einkristallen
- > technischen Keramiken
- > CVD Schichten

Wir beweisen es Ihnen gern  
in unserem Applikationslabor.  
Vereinbaren Sie einen  
Vorführtermin mit uns:

 **LOGITECH**

STRUERS GMBH  
Produktgruppe LOGITECH  
Linsellesstrasse 142  
47877 Willich  
Tel. (02154) 818-0  
Fax (02154) 818-134  
E-mail: infostru@struers.de

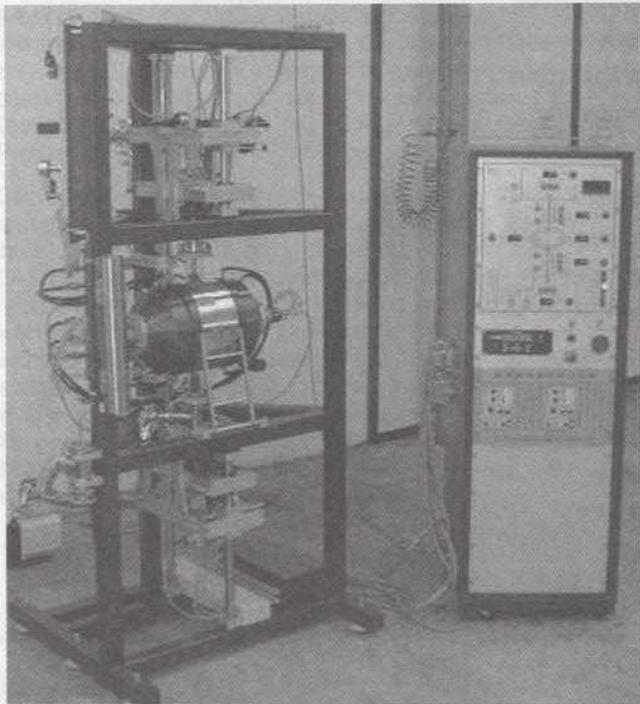
## 4. Kristallzucht in Deutschland

### Kommerzielle Fertigung von Spiegelofensystemen nun auch in Deutschland bei GERO.

Trotz der ständigen Suche nach immer neuen Tiegelwerkstoffen sind viele Kristallzüchtungsaufgaben nur durch tiegelfreie Züchtungsverfahren befriedigend zu lösen. Dies gilt in besonderem Maße für die Forschung, da man es hier häufig mit neuen Materialien zu tun hat, für die noch keine geeigneten Tiegelwerkstoffe entwickelt werden konnten. Unter den tiegelfreien Kristallzüchtungsverfahren ist das Zonenschmelzen wegen seiner Vielseitigkeit besonders verbreitet. Hierfür wird ein Heizverfahren benötigt, bei welchem sich der Leistungseintrag in die Probe auf einen relativ scharf abgegrenzten Bereich bündeln läßt. Gerade für die in der Forschung relevanten Kristalldurchmesser von einigen Millimetern bis wenigen Zentimetern hat sich die optische Beheizung durch Abbildung einer thermischen Lichtquelle auf die Probe mittels ellipsoid- oder paraboloidförmiger Reflektoren als besonders geeignet erwiesen. Hierzulande besitzen vor allem unsere Freiburger Kollegen langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Kristallzüchtung mit Spiegelöfen und es wurde beträchtliche Entwicklungsarbeit geleistet. (siehe auch den Artikel von Herrn A. Cröll im MB 65, S. 13ff.).

Dennoch mußten sich Interessenten für diese Methode der Kristallzüchtung auf der Suche nach kommerziellen Anbietern für Spiegelofensysteme bislang bei japanischen und russischen Anbietern umsehen.

Daher ist es für die Kristallzüchter in Deutschland sicherlich eine interessante Nachricht, daß seit kurzem von der Gero Hochtemperaturöfen GmbH in Neuhausen ein Doppelellipsoid-Spiegelofen zur Kristallzüchtung gebaut und vertrieben wird. Dieser Ofen beruht auf einer im IBM-Forschungslabor in Rüschlikon unter der Leitung der Professoren Bednorz und Winter entwickelten und patentierten Konstruktion.



**Bild 2: Doppelellipsoid-Spiegelofen von Gero mit Regel- und Steuereinrichtung**

Bei der von GERO angebotenen Zonenschmelzanlage besteht die Ofenkammer aus einem konfokalen Doppelellipsoid,

dessen Hauptachse senkrecht zur Probenlängsachse steht. Ein Vorteil dieser Bauweise ist die große Freiheit bei der Konstruktion der Spannvorrichtungen und Antriebe für Probe und Nährstab sowie bei der Auswahl und Dimensionierung von Probenraumrohren. Entsprechend sind bei dieser Anlage die Spannfutter für die Proben über verstellbare Achsensysteme in allen drei Raumrichtungen manuell verstellbar, so daß die Proben auch während des Züchtungsprozesses gut positioniert werden können.

Die beiden Halogenlampen zur Probenerwärmung sind zur Einstellung auf die für den jeweiligen Züchtungsprozeß geeigneten Positionen längs der Ellipsoidhauptachse justierbar. Die Lampen selbst werden mit Stickstoff, die Lampensockel mit Wasser gekühlt.

Das Doppelellipsoid ist geteilt ausgeführt und wird zur Anlagenbestückung oder zur Probenentnahme aufgeklappt. (Siehe am besten die Abbildung innerhalb der GERO-Anzeige auf der vorderen inneren Umschlagseite dieses Blatts). Das doppelwandige Kammergehäuse aus Aluminium ist wassergekühlt, die Innenseite des Gehäuses ist vergoldet. Zur Beobachtung des Züchtungsablaufs ist in die elliptische Ofenkammer auf zwei gegenüberliegenden Seiten jeweils eine Projektionslinse eingelassen, über die ein Bild der heißen Schmelzzone nach außen auf einen Schirm projiziert werden kann.

Die Anlage wird von GERO komplett mit den erforderlichen Regeleinrichtungen angeboten.

Sicherlich ist es aus Sicht der deutschen Kristallzüchter zu begrüßen, daß die Angebotslücke bei den Zonenschmelzöfen mit optischer Heizung geschlossen wurde und daß es nun auch im Kreise unserer DGKK-Mitglieder einen Hersteller solcher Anlagen gibt. Dies ist sicherlich von Vorteil, wenn es darum geht, eine an die individuellen Anforderungen der eigenen Anwendung angepaßte Anlage zu bekommen.

F. Ritter nach einem Bericht von  
Roland Geiger und Dr. Olaf Irretier  
GERO Hochtemperaturöfen GmbH  
Monbachstr. 5-7, 75242 Neuhausen

Hinweis: Sehr lesenswerte Hintergrundinformationen über Spiegelofensysteme für die Kristallzüchtung bietet der Artikel von A. Cröll, "Optical Heating for Zone Methods", erschienen 1997 im MB65, S. 13ff. Ein Abdruck dieses Artikels wird für diejenigen, die diese Nummer des Mitteilungsblatts nicht besitzen, in unserer Internet-Ausgabe zu finden sein.

## Einkristallzüchtung am IFW Dresden

### Kompetenzen und Kooperationsangebote des Institutes für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden

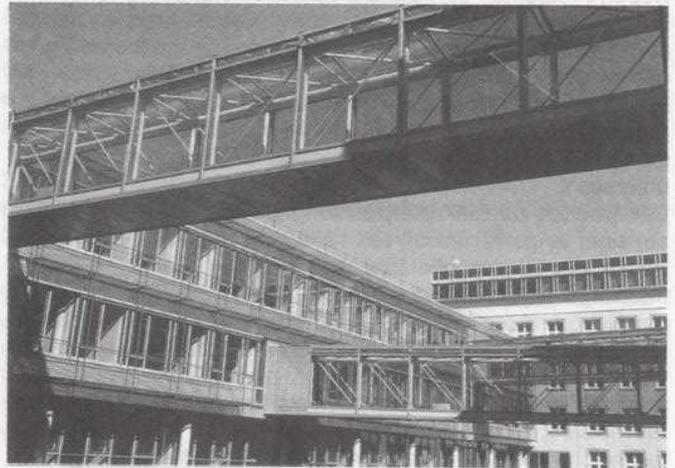
**Günter Behr und Wolfgang Löser**  
**Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden,**  
**Postfach 270016, 01171 Dresden**

#### 1 Einleitung

Das IFW Dresden ist ein Forschungsinstitut der Leibniz-Gemeinschaft, in dem moderne Werkstoffwissenschaft auf naturwissenschaftlicher Grundlage vom physikalisch-chemischen Erkenntnisfortschritt bis zur technologischen Vorbereitung betrieben wird. Im Mittelpunkt des Forschungsprogramms stehen Funktionswerkstoffe, die eine Schlüsselposition in vielen Einsatzfeldern einnehmen: Supraleiter, Magnetwerkstoffe, Schichtsysteme und Nanostrukturen. Daneben gehört es zu den Aufgaben des Institut, die Fortbildung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses zu fördern und die gewonnenen Erkenntnisse für die Wirtschaft nutzbar zu machen. Das IFW Dresden wird vom BMBF und dem Freistaat Sachsen zu gleichen Teilen institutionell gefördert. Rund ein Drittel des Haushalts wird im Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen in Form von öffentlichen und privatwirtschaftlichen Projektmitteln eingeworben. Das IFW Dresden beschäftigt ca. 400 Mitarbeiter.

Mit der erfolgreich abgeschlossenen Evaluierung und der Einweihung des letzten Neubauabschnittes wurden 1999 zwei wesentliche Meilensteine seit der erfolgten Neugründung des Institutes aus dem ehemaligen Akademieinstitut „Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung“ (ZFW) im Jahre 1992 gesetzt.

Die erfolgreich praktizierte interdisziplinäre Zusammenarbeit der Teilinstitute und Abteilungen des IFW Dresden hat insbesondere auch auf dem Gebiet der Einkristallzüchtung zu international und national anerkannten Ergebnissen geführt. Mit dem Neubau des Instituts wurden auch wesentlich verbesserte technische Möglichkeiten für die Kristallzüchtung in Form eines moderne Kristalllabors geschaffen.



**Bild 3: Moderner, funktionaler Institutsneubau des IFW**

# Cyberstar

## SCIENTIFIC & INDUSTRIAL INSTRUMENTS

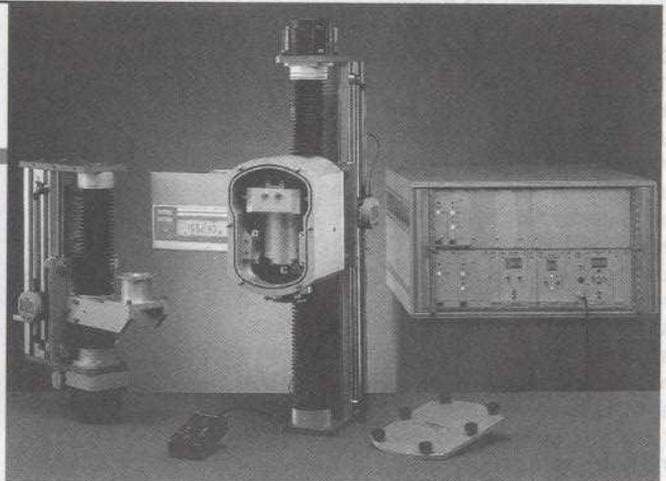
*The outstanding elements which make the worldwide reputation of Cyberstar are available to equip your new puller frame or retrofit your old machine.*

#### ■ MAIN FEATURES ARE:

- **DIRECT DRIVE CRYSTAL TRANSLATION AND ROTATION UNITS**
  - Direct drive, vibration free units.
  - Torque mode motors and electronics.
- **WEIGHING DEVICE FOR DIAMETER CONTROL**
  - High sensitivity and resolution.
  - High thermal stability.
- **CONTROL CONSOLE INCLUDING:**
  - Electronics.
  - Computer and Software (Windows 95).
- **READY TO BE CONNECTED TO YOUR RF GENERATOR OR FURNACE POWER STAGE**

#### ■ CRYSTAL GROWTH EQUIPMENTS OF ANY SIZE

- Czochralski oxide pullers.
- Bridgman - Stockbarger furnaces.
- Image furnaces (Xenon, halogen, laser heatings).



#### ■ CATALOG OF PARTS FOR CRYSTAL GROWTH EQUIPMENTS

- Vacuum tight.
- Water cooled chambers.
- Water cooled pulling rod.
- Seed orientation device.
- Magnetic rotating seal.
- Glass to metal coaxial feedthrough.

#### ■ MAIN CUSTOMERS OVER THE WORLD

USA, Europe, Asia.

*Call for more information*

### **Cyberstar**

Parc Sud Galaxie - BP 344 - 38435 Echirolles Cedex - France  
 Tel. (33) 4 76 40 35 91 - Fax (33) 4 76 40 39 26  
 E-mail : Cyberstar@wanadoo.fr

Am IFW Dresden wurde seit 1996 dieses zentrale Kristalllabor im Rahmen des an der TU Dresden angesiedelten Sonderforschungsbereiches 463 "Seltenerd-Übergangsmetall-Verbindungen: Struktur, Magnetismus und Transport" eingerichtet. Es hat die Aufgabe, den am SFB 463 mitarbeitenden Forschungsgruppen der TU Dresden und der außeruniversitären Forschungsinstitute Einkristalle intermetallischer Verbindungen aber auch definiert hergestellte polykristalline Proben zur Verfügung zu stellen.

Untersuchungen an Einkristallen sind erforderlich für die Ermittlung von Grenzen der Materialkennwerte und intrinsischer physikalischer Eigenschaften metallischer Werkstoffe. Neben Problemen der Kristallpräparation stehen wissenschaftliche Fragestellungen zur Konstitution von Mehrstoffsystemen sowie zu Wärme- und Stofftransport und Wachstumsvorgängen an der Phasengrenzfläche im Mittelpunkt. Der Einfluß von Prozeßparametern auf Perfektion und physikalische Eigenschaften der Kristalle wird in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen beteiligten Forschungsgruppen untersucht.

Die Arbeiten zur Einkristallzüchtung am IFW Dresden beruhen auf einer langen Tradition seit 1956 am Institut für Angewandte Physik der Reinststoffe bzw. seit 1967 am Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung (ZFW) Dresden. Mit der Neugründung des Instituts für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden 1992 konnte auf diesen Arbeiten aufgebaut werden.

Im vorliegenden Aufsatz soll nach einer kurzen Darstellung der Entwicklung der Einkristallzüchtung in Dresden über technische Möglichkeiten und wissenschaftliche Aufgabenstellungen des Kristalllabors berichtet werden.

## 2 Kurzer Abriss zur Kristallzüchtung am ehemaligen ZFW Dresden

Über die Arbeiten zur Kristallzüchtung am ZFW Dresden ist an dieser Stelle bereits in einem früheren Artikel [1] berichtet worden. Gegenstand der Arbeiten am Institut für Angewandte Physik der Reinststoffe war die Darstellung, Charakterisierung und Erforschung der Eigenschaften hochreiner Metalle, Halbleiter und intermetallischer Verbindungen. Die Einkristalle fanden Eingang in die Forschung des ZFW Dresden und in die Zusammenarbeit mit Hochschulen z.B. mit der TU Dresden und anderen Akademieinstituten u.a. in der Sowjetunion und in der Tschechoslowakei.

Durch Kristallisation aus der Schmelze wurden zunächst Kristalle einiger flächenzentrierter Metalle, insbesondere Aluminium und der Elementhalbleiter Germanium und Silizium, gezüchtet. International stark beachtet wurde die Züchtung hochreiner Kristalle kubisch raumzentrierter hochschmelzender Metalle W, Mo, Nb und Ta sowie der hexagonalen Metalle Zr und Re. Die dabei erreichten extrem hohen Reinheitsgrade sind auch heute noch von großem Wert für die metallkundliche und metallphysikalische Forschung. Fe-Einkristalle wurden mit dem Strain-Anneal-Verfahren hergestellt. Später wurden intermetallische Phasen wie die A15-Strukturen  $V_3Si$ ,  $Cr_3Si$  und die Mischkristallreihe

$(V_xCr_{1-x})_3Si$  sowie geordnete Mischkristalle im System Fe-Si dargestellt. Die Kontrolle der Stöchiometrie, definierter Stöchiometrieabweichungen bzw. Dotierung waren für diese Substanzen neben der Reinheit von entscheidender Bedeutung. Neben chemischen Analysen wurden spezifische physikalische Methoden wie Messung des Restwiderstandes, der Thermokraft oder der Gitterkonstanten zur quantitativen Charakterisierung von Stöchiometrieabweichungen angewandt.

Neben der Einkristallzüchtung aus der Schmelze mit dem Schwerpunkt Zonenschmelztechnik wurden in breitem Umfang Arbeiten zum chemischen Transport durchgeführt. Durch chemischen Transport im offenen System (CVD) wurde die

Darstellung von halbleiterreinem Silizium zur Einkristallzüchtung und die Reinstdarstellung von W und Mo erschlossen. Mittels chemischer Transportreaktionen im geschlossenen System (CTR) wurden Kristalle mit Metall-Halbleiter-Übergängen in den Systemen V-O, Cu-O, Fe-S, Fe-Co-S, Ru-O sowie Mo-S, Mo-Se, Mo-Te, Ti-Si,  $TiS_2$  u.a. sowie solche der supraleitenden Chevrelphasen  $Pb(oder Cu)Mo_6S_8$  für materialwissenschaftliche Untersuchungen dargestellt.

Neben der Darstellung von Einkristallen waren wichtige Forschungsschwerpunkte:

- Verfahren zur Hochreinigung von Metallen (Schwerpunkt Mo, Nb)
- Makro- und Mikroverteilung von Dotanden und Verunreinigungen in zonengeschmolzenen Einkristallen
- Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Zonenform und zum Einfluß der Konvektion (z.B. Marangonikonvektion) beim tiegfremigen Zonenschmelzen
- Aufklärung von Wechselwirkung von chemischer und physikalischer Perfektion in Kristallen
- Präzisierung von Phasendiagrammen für die Kristallzüchtung intermetallischer Verbindungen durch Thermoanalyse und Seigerungsverhalten (z.B. V-Si-N, V-Cr-Si, silikothermische Reaktion)
- Aufklärung des Stofftransports bei CTR (u.a. Einfluss von konvektivem und diffusivem Transport, Durchführung von Raumflugexperimenten)

Viele Arbeiten waren trotz stark eingeschränkter Kontakte auch Wissenschaftlern aus den alten Bundesländern bekannt. Nach Aufhebung des Reiseverbots 1989 ermöglichten Kontakte zu Fachkollegen in den alten Bundesländern rasch eine Mitarbeit in den Fachverbänden und im Rahmen von Forschungsprogrammen, wie Schwerpunktprogrammen der DFG, Fördervorhaben des BMBF und der EU. Dabei stand zunächst die Schaffung einer modernen Forschungstechnik für neue Vorhaben im Vordergrund. Besonders fruchtbar waren Arbeiten, bei denen die Institute ihre jeweils spezifischen Erfahrungen einbrachten, wie z.B. gemeinsame Untersuchungen des MPI für Metallforschung Stuttgart und des IFW Dresden zur Plastizität hochreiner Mo-Einkristalle. Bei vielen neuen Forschungsvorhaben konnte an eigene Vorarbeiten angeknüpft werden.

## 3 Kristallzüchtung nach der Gründung des IFW Dresden

### 3.1 Züchtung von geordneten NiAl Mischkristallen

Die intermetallische Verbindung NiAl gilt auf Grund ihrer herausragenden physikalischen Eigenschaften als aussichtsreicher Hochtemperatur-Strukturwerkstoff. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes "Verformung und Bruch geordneter Mischkristalle" wurde ein modifiziertes Bridgman-Verfahren zur Herstellung von hochreinen NiAl-Einkristallen mit geringsten Stöchiometrieabweichungen entwickelt. Wertvolle Erfahrungen aus der Zusammenarbeit mit dem MPI für Eisenforschung Düsseldorf wurden genutzt. Die genaue Stöchiometrieeinstellung gelang durch selektive Al-Abdampfung bei definierter Vakuumbehandlung in der Bridgman-Apparatur. Durch Verwendung hochreiner Ausgangsmaterialien und gezielte Maßnahmen in den einzelnen Prozeßstufen wurden Gesamtverunreinigungsgehalte der Kristalle von  $< 20$  ppm und geringste Gehalte interstitieller Elemente bis zu  $6 \pm 2$  Masse-ppm O bzw.  $2 \pm 1$  Masse-ppm N erzielt. Es gelang, homogene NiAl-Einkristalle mit reproduzierbarer Stöchiometrieabweichung  $< 0,2$  At.-% Ni sowie Kristalle mit definierten nichtstöchiometrischen Zusammensetzungen herzustellen. Die sehr gute Reproduzierbarkeit der Stöchiometrie wurde durch Restwiderstandsverhältnisse  $\rho_{298K}/\rho_{4,2K} \geq 4$  für NiAl-Einkristalle bestätigt. Bei der Präzisionsbestimmung der Hauptkomponenten erlaubt ein verbessertes gravimetrisches Verfahren die bisher genaueste Bestimmung des Ni-Gehaltes mit Fehlern von  $< 0,1$  At.%. Die Methode übertrifft das im Schrifttum angegebene Titrations-

verfahren mit relativen Fehlern von 1% [2]. Die Ergebnisse gestatten eine Präzisierung des binären Ni-Al Phasengleichgewichtes. Bei Stöchiometrieabweichungen in binären NiAl-Einkristallen wurden seigerungsbedingte Anreicherungen des jeweiligen Überschusselementes Ni bzw. Al entlang der Kristallachse gefunden. Sie führen zu lokalen Änderungen der mechanischen Eigenschaften innerhalb der Kristalle.

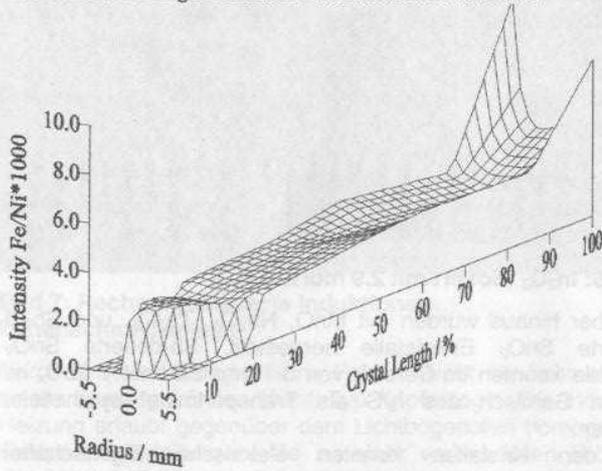


Bild 4: Elementverteilung von Fe-0,2at% in einem NiAl-Einkristall, hergestellt mit Ziehgeschwindigkeit 10 mm/h im Bridgman-Verfahren

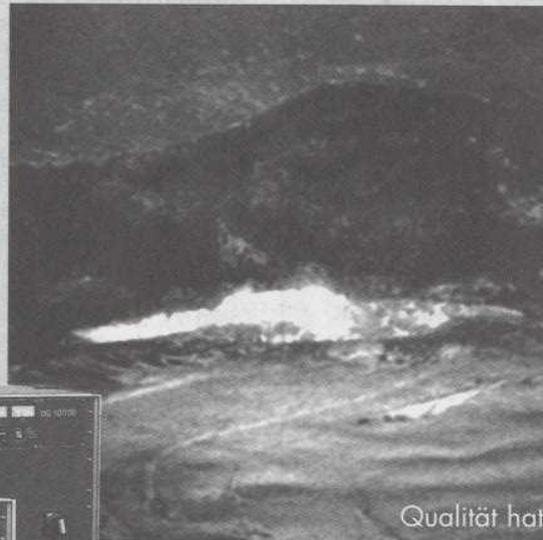
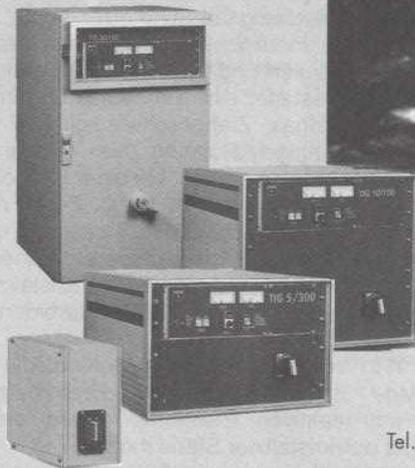
Die Verteilung des Mikrolegierungselementes Fe in  $Ni_{49,8}Fe_{0,2}Al_{50}$ -Einkristallen mit Hilfe der Sekundärionen-Massen-Spektrometrie wird in Bild 4 dargestellt [3]. Der Gleichgewichts-Verteilungskoeffizient von Fe in NiAl wurde durch unabhängige Zonenschmelz-Experimente bestimmt. Untersuchungen der Raumtemperatur-Kompressions-Verformung an hochreinen stöchiometrischen einkristallinen Proben zeigten gut reproduzierbare hohe Dehnungen von > 20 %. Eine Verbesserung der Raumtemperatur-Duktilität und Verringerung der kritischen Schubspannung von NiAl-Einkristallen gelang durch Mikrolegieren mit 0,2at.-% Fe. Die Arbeiten zur Einkristallzüchtung der intermetallischen B2-Phasen werden in einem gemeinsamen Vorhaben mit der TU Dresden „Zyklische Plastizität von NiAl“ weitergeführt. Im Rahmen eines Paketantrages „Fehlordnung und Diffusion in der B2-Phase (Ni,Fe)Al“ u.a. mit der TU Clausthal, den Universitäten Münster und Göttingen und der TU Wien wurde mit der Darstellung ternärer  $(Ni_{1-x}Fe_x)_{50}Al_{50}$  Mischkristalle begonnen.

**3.2 Züchtung hochreiner Metallsilizide**

Halbleitende Silizide sind für thermoelektrische Anwendungen bei höheren Temperaturen von besonderem Interesse [4]. Seit 1996 wurden im IFW Dresden deshalb die Verbindungen  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub> und ReSi<sub>2</sub> in einkristalliner Form hergestellt. Da erstere Verbindung sich peritektoid bei 982°C bildet und somit eine Kristallisation aus der Schmelze nicht möglich ist, wurde für die Einkristallzüchtung das im IFW seit langem etablierte Verfahren des Chemischen Gasphasentransportes im geschlossenen System eingesetzt (Bild 5).

# Generatoren für die Induktionserwärmung

Mit verschiedenen Baureihen von MF- und HF-Generatoren bietet **HÜTTINGER** das ganze Anwendungsspektrum der Induktionserwärmung.



Anwendungsbeispiele:

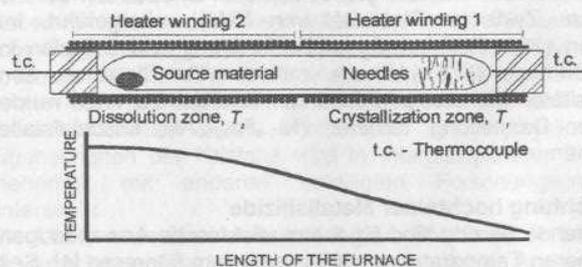


Qualität hat einen Namen:

Hüttinger Elektronik GmbH + Co. KG  
 Elsässer Str. 8, D-79110 Freiburg, Germany  
 Tel.: +49-761-8971-0, Fax: +49-761-8971-150  
 email: info-ec@huettinger.com  
 Internet: http://www.huettinger.com



Unter Verwendung von im ehemaligen ZFW hochgereinigtem Eisen (Restwiderstandsverhältnis  $> 3000$ , Restverunreinigungen  $< 20$  ppm) und Halbleitersilizium (6N Reinheit) wurden in Quarzampullen im Temperaturgradienten von  $1050^{\circ}\text{C}$  nach  $750^{\circ}\text{C}$  mit  $\text{I}_2$  als Transportmittel nadelförmige Einkristalle bis 20 mm Länge und bis 1 mm Dicke zwillingsfrei hergestellt [5]. Die Kristalle erlauben auf Grund ihrer hohen Reinheit erstmals die Untersuchung der intrinsischen elektrischen Eigenschaften der halbleitenden Verbindung und bieten damit auch die Möglichkeit zur Bestimmung der Breite des Homogenitätsgebietes der intermetallischen Verbindung. Außerdem konnten mit Cr, Co und Mn dotierte Einkristalle hergestellt werden.



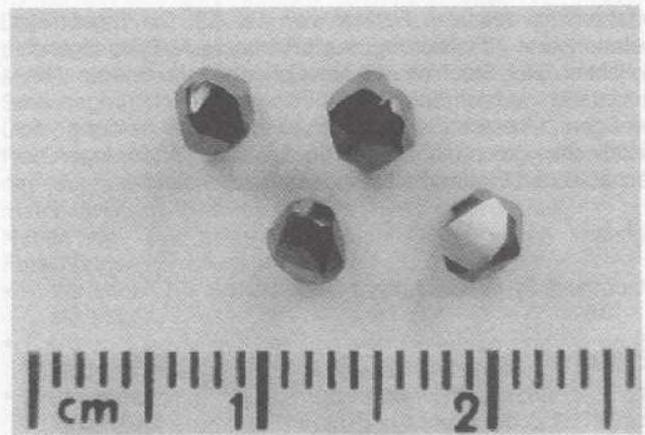
**Bild 5: Chemischer Transport aus der Gasphase in einer geschlossenen Quarzampulle**

Im Gegensatz zum  $\alpha$ - $\text{FeSi}_2$  lässt sich  $\text{ReSi}_{1.75}$  ( $\text{ReSi}_2$ ), welches bei  $1940^{\circ}\text{C}$  kongruent schmilzt, direkt aus der Schmelze herstellen. Das im Lichtbogenofen vorlegierte Material aus Re (4N7) und Si (6N) wurde dazu in einem Hukin-Typ Kaltiegel geschmolzen. Es konnten nach dem Czochralski-Verfahren aus dem Kaltiegel Einkristalle bis 10 mm Durchmesser und 20 mm Länge mit 10 mm/h Ziehgeschwindigkeit und  $20 \text{ min}^{-1}$  hergestellt werden [4]. An beiden Substanzen wurden im IFW umfangreiche Untersuchungen der thermoelektrischen Eigenschaften durchgeführt.

### 3.3 Konstitution und Einkristallzüchtung oxidischer Materialien

Halbleitende Oxide des Indium und Zinn finden in der Technik vielfältige Anwendungen als transparente Elektroden, Wirkphasen in Dickschichtpasten, als Elektrodenmaterial in Glasschmelzöfen und als Wirkphase in Gassensoren. Zur Aufklärung der intrinsischen Eigenschaften der reinen und dotierten Phasen  $\text{SnO}_2$  und  $\text{In}_2\text{O}_3$  wurden mit Hilfe des Chemischen Gasphasentransportes im geschlossenen System Einkristalle hergestellt [6] (Bild 6) und bezüglich der chemischen Defektstruktur und der elektrischen Eigenschaften untersucht. Als Transportmittel wurden sowohl  $\text{I}_2/\text{S}$  Gemische als auch  $\text{Cl}_2$  eingesetzt. Da Verunreinigungen die elektrischen Eigenschaften der Verbindungen wesentlich beeinflussen (dotierend oder kompensierend) wurden als Ausgangsmaterial ausschließlich Metalle mit einer Reinheit von 5N verwendet. Die in den Kristallen realisierten Dotierungskonzentrationen wurden mit optischer Emissionsspektroskopie (OES) mit einem relativen Fehler  $< 5\%$  bestimmt. Experimentell wurden die Löslichkeitsgrenzen mit Dotierungskonzentrationen von 8,2 mol%  $\text{SnO}_2$  in  $\text{In}_2\text{O}_3$  und 2,4 mol%  $\text{InO}_{1.5}$  in  $\text{SnO}_2$  an Kristallen nach sequentiellem Transport bei 1200 K aus dem Zweiphasengebiet bestimmt.

Die durchgeführte thermodynamische Analyse auf der Basis der Beschreibung des Stoffsystems mit dem Modell der quasibinären festen Lösung gestattet es, eine Versuchsoptimierung durchzuführen und eine befriedigende Beschreibung der Experimente zu erreichen.



**Bild 6:  $\text{In}_2\text{O}_3$  (dotiert mit 2.9 mol%  $\text{SnO}_2$ )**

Darüber hinaus wurden mit  $\text{MnO}$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , und  $\text{Sb}_2\text{O}_4$  dotierte  $\text{SnO}_2$  Einkristalle hergestellt. Sb-dotierte  $\text{SnO}_2$ -Kristalle konnten im Bereich von 0.1 und 2.3 mol%  $\text{SbO}_x$  mit einem Gemisch aus  $\text{I}_2/\text{S}$  als Transportmittel synthetisiert werden.

An den Kristallen konnten elektrische Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit und Thermokraft von  $\text{SbO}_x$  dotierten  $\text{SnO}_2$  Einkristallen) in Abhängigkeit vom Dotierungsgehalt untersucht und mit denen an Keramiken und Feinstpulvern verglichen werden. Dadurch war es möglich grundlegende Erkenntnisse der Wirkung verschiedener Dotierungen in Halbleitergassensoren und Dickschichtpasten zu gewinnen [7].

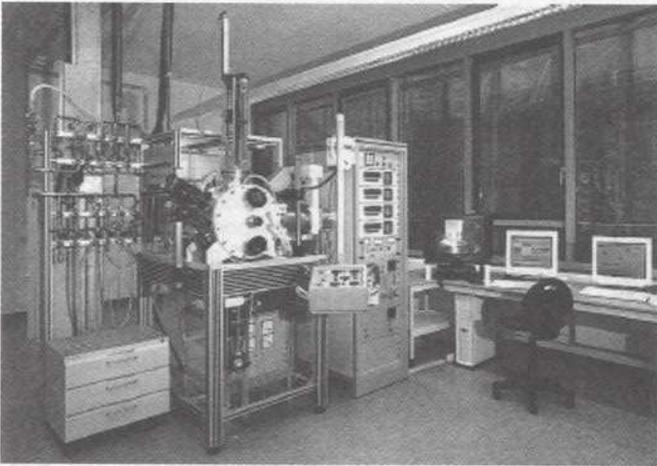
## 4 Das zentrale Kristalllabor zur Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen

### 4.1 Kristallzüchtungsanlagen im zentralen Kristalllabor

Die im IFW Dresden vor der Gründung des neuen Sonderforschungsbereiches vorhandenen Grundausrichtungen zur Legierungsherstellung und Kristallzüchtung waren für die Darstellung von Seltenerd ( $SE$ )-Übergangsmetall ( $ÜM$ )-Verbindungen nur bedingt geeignet. Für Konzipierung und Bau der neuen Kristallzüchtungsanlagen stand ein leistungsfähiger Bereich Technik mit erfahrenen Technikern und Konstrukteuren zur Verfügung. Die Anlagen wurden zum größten Teil von der DFG finanziert. Das IFW bietet im Rahmen eines Kompetenzangebots die Konzipierung ähnlicher Kristallzüchtungsanlagen für andere Forschungseinrichtungen an. Wegen der hohen Reaktivität der seltenen Erden wurde auf tiegfremie Kristallzüchtungsverfahren aus der Schmelze orientiert. Die peritektischen Erstarrung vieler  $SE$ - $ÜM$ -Verbindungen erfordert niedrige Ziehgeschwindigkeiten im Bereich 1 mm/h und eine gute Durchmischung der Schmelze.

Eine rechnergestützte Induktions-Zonenschmelzanlage wurde im IFW Dresden konstruiert und 1997 in Betrieb genommen (s. Bild 7). Die Anlage gestattet eine Prozeßführung im Hochvakuum oder unter Inertgas, Ziehgeschwindigkeiten von 0,1 - 999 mm/h, unabhängige Rotation von Futterstab und Kristallkeim bis  $99 \text{ min}^{-1}$  und erreicht bei einer HF-Leistung von 30 kW Schmelztemperaturen bis  $3000^{\circ}\text{C}$ . Durch rechnergestützte Steuerung des Kristallzüchtungsprozesses und in situ Erfassung der wichtigsten Prozeßparameter (Zonentemperatur, HF-Leistung u.a.) hat sich die Anlage in Kristallzüchtungsexperimenten vorwiegend zu  $SE$ - $ÜM$ -Borokarbid und  $SE$ - $ÜM$ -Siliziden bewährt.

Mit einer 1998 aufgebauten Kaltiegel-Induktions-Kristallzüchtungsanlage ist die tiegfremie Erschmelzung von Legierungen mit reaktiven Elementen sowie das Gießen zylinderförmiger polykristalliner Stäbe möglich.



**Bild 7: Rechnergesteuerte Induktions-Zonenschmelzanlage**

Durch das elektromagnetische Feld schwebt die Schmelze in einem wassergekühlten Hukin-Typ Kupfertiegel. Die induktive Heizung erlaubt gegenüber dem Lichtbogenofen homogenere Temperaturverteilungen, die zu einer verbesserten Stöchiometriekontrolle führten. Das war eine wesentliche Voraussetzung für eine reproduzierbare Herstellung von Legierungen. Durch verschiedene Tiegeelformen, die im INPG Grenoble entwickelt wurden, gestattet die Anlage eine Einkristallzucht nach dem Czochralski-Verfahren.

Das ermöglicht die Züchtung von Kristallen mit Durchmessern > 8 mm.

Eine Einkristallzucht nach dem Zonenschmelz-Verfahren ist bei Materialnachführung in die Schmelze von der Unterseite des Tiegels möglich. Der Vorteil gegenüber dem konventionellen Zonenschmelzen, eine magnetfeldstabilisierte Zone, wird bei Verbindungen mit niedrigem Schmelzpunkt und geringer Oberflächenspannung der Schmelze genutzt. Die Kristallzuchtungsparameter entsprechen denen der Zonenschmelzanlage.

Eine *Hochdruck-Zonenschmelz-Kristallzuchtungsanlage mit optischer Heizung* (Moskauer Energetisches Institut, Russland) soll bisherige Einschränkungen der Kristallherstellung der *SE-ÜM*-Borokarbid im zentralen Kristalllabor überwinden und auch die Züchtung neuer Einkristalle mit flüchtigen Elementen ermöglichen. Dafür ist die Züchtung unter Gasdrücken bis zu 100 bar unter verschiedenen Atmosphären möglich. Die Strahlführung erlaubt eine Rotationssymmetrische Temperaturverteilung. Ziehgeschwindigkeiten betragen 0,1 - 40 mm/h, Rotationsgeschwindigkeiten 0 - 100 min<sup>-1</sup> und die maximale Schmelztemperatur 3000 °C. Die Anlage ist mit einem effektiven Nachheizsystem bis 1700 °C ausgerüstet.

1999 wurde im IFW im Rahmen des DFG-Schwerpunktes *Niederdimensionale Übergangsmetallverbindungen* eine weitere *Zonenschmelz-Kristallzuchtungsanlage mit optischer Heizung* (CSI Japan) vorwiegend für die Züchtung von Oxidverbindungen installiert. Die Ziehgeschwindigkeiten betragen 0,05 - 27 mm/h, bei unabhängiger Rotation von Futterstab und Kristallkeim bis 60 min<sup>-1</sup> und maximalen Schmelztemperaturen bis 2200 °C. Neben der Nutzung für die Züchtung von Übergangsmetalloxiden wurden bereits erfolgreiche Experimenten mit hochschmelzenden *SE-ÜM*-Verbindungen durchgeführt.



**T B L - Kelpin**  
**Dr. Gerd Lamprecht**  
**vormals Kristallhandel Kelpin**



### Unser Lieferprogramm:

**Einkristalle für Forschung und Industrie:**

**Metalle, Legierungen, Halbleiter, Verbindungen, Oxide, Halogenide**

**Optik: Fenster, Linsen, Prismen, Stäbe, Halbzeuge (blanks)**

**Substrate, Wafer und Rohkristalle (boules), Supraleiter**

**und**

**Hochreine Ausgangsmaterialien, Seltene Erden, Sputtertargets**

**Präparation, Hochgenaue Orientierungen, Herstellen von Legierungen.**

**TBL - Kelpin**

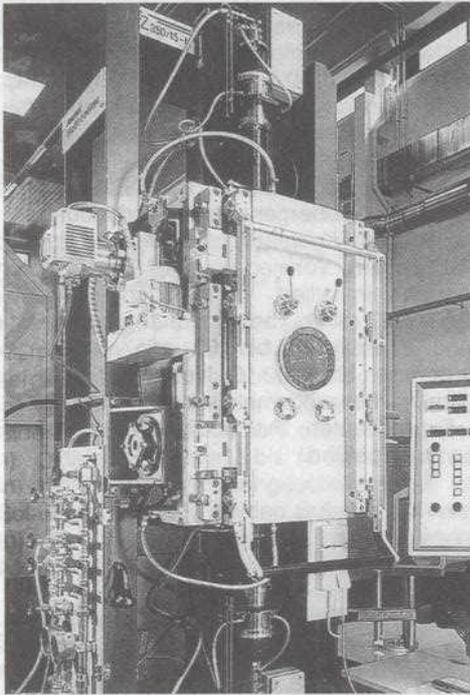
**Lehninger Str. 10-12 · D-75242 Neuhausen**

**Tel. 0 72 34 / 10 07 · Fax 0 72 34 / 57 16**

**e-mail: TBL.Lamprecht@t-online.de**

**<http://www.tbl-kelpin.de>**

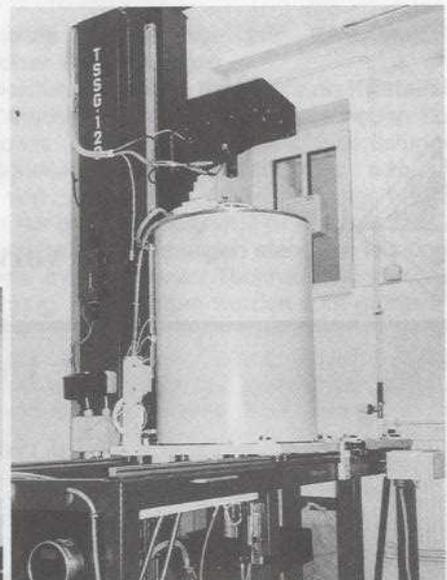
**Czochralski (CZ)- und Floatzone (FZ)-  
Kristallzuchtungsanlagen für Labor und Produktion**



**Czochralski-Laborkristallzuchtungsanlage  
TSSG 120**

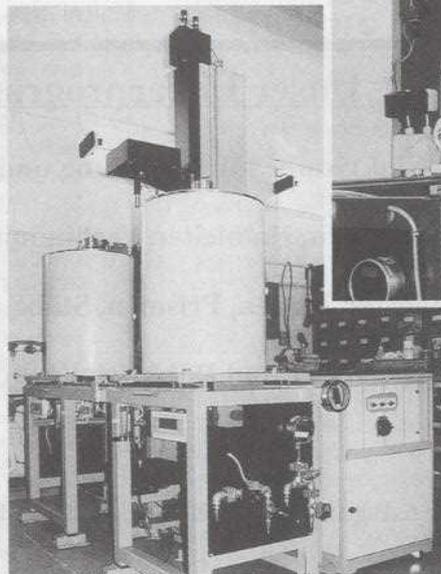
**(Top seeded solution growth method)**

- Ein- oder Zwei-Ofenanlage
- Kristall- und Tiegelwägung
- Schutzgas
- Temperatur: 1300 °C (± 0,02 °C)
- SPS-Anlagensteuerung / Prozeßvisualisierung
- Bewegung Ziehstange: min. 0,001 mm/h



**Laborkristallzuchtungsanlage  
FZ 350 / 15-M für Si, Si / Ge**

- Ziehlänge: 350 mm
- Kristalldurchmesser: 3" (inch)
- HF-Generator: 15 kW, 3 MHz
- Vakuum-Schutzgasausrüstung
- SPS-Anlagensteuerung
- Prozeßvisualisierung



**Steremat Elektrowärme GmbH**  
Bouchéstraße 12  
D-12435 Berlin

**Phone: +49 / 30 / 53 32 71-21**  
**Fax: +49 / 30 / 53 32 71-97/98**  
**email: SterematEW@aol.com**  
**http://www.SterematEW.de**

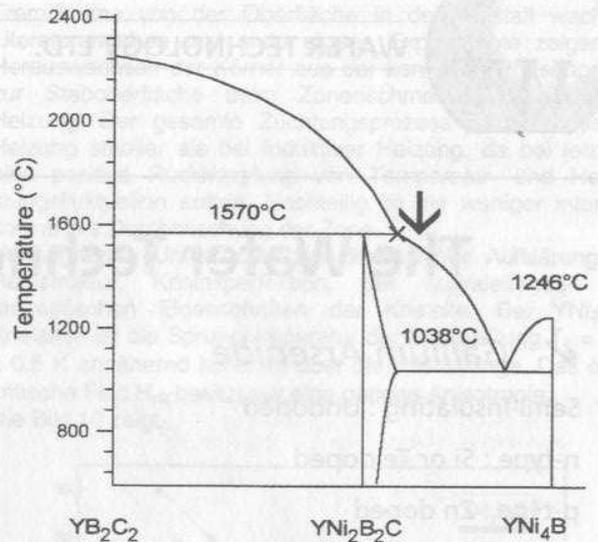
**4.2 Hochschmelzende intermetallische Seltenerd-Übergangsmetall-Verbindungen**

Einkristalle vielkomponentiger intermetallischer SE-ÜM-Verbindungen sind Voraussetzung für Untersuchungen orientierungsabhängiger physikalischer Eigenschaften. Seit längerem spielen Verbindungen von Schweren Fermionen-Systemen und hartmagnetischen Phasen eine zentrale Rolle. Bisher wurden Einkristalle vorwiegend von SE-ÜM-Verbindungen mit moderaten Schmelztemperaturen (<1500°C) gezüchtet, z.B. (Tb,Dy)Fe<sub>2</sub>, Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B oder YbInCu<sub>4</sub>. In den vergangenen Jahren wurde eine Reihe neuer Klassen hochschmelzender intermetallischer SE-ÜM-Verbindungen mit Schmelztemperaturen oberhalb 1500 °C entdeckt, die einen wichtigen Schwerpunkt der Arbeit im zentralen Kristalllabor darstellen. Intermetallische SE-ÜM-Borokarbid-Verbindungen SEÜM<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C wurden im Jahre 1994 entdeckt [8, 9]. Dabei stehen neben den höchsten bisher gemessenen supraleitenden Sprungtemperaturen (bis 23 K) von intermetallischen Phasen vor allem die Wechselwirkungen von magnetischen und supraleitenden Eigenschaften und ihre Erklärung auf der Basis der Elektronenstruktur im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. SE-ÜM-Silizide. Verbindungen des Typs SE<sub>2</sub>ÜMSi<sub>3</sub> (SE = Ce, Tb, Dy; ÜM = Pd, Ni, Co) besitzen infolge magnetischer Anomalien einen großen negativen Magnetwiderstand [10] und komplexe magnetische Ordnungsstrukturen. Die Züchtung großer Einkristalle solcher Verbindungen ist eine Herausforderung wegen der bisher noch unbekannteren Zustandsdiagramme dieser Mehrstoffsysteme, extremer Reaktivität der Schmelzen mit Sauerstoff und Tiegelmaterialien sowie selektiver Verdampfung von Komponenten.

**4.3 Konstitutionsforschung zu den hochschmelzenden SE-ÜM-Verbindungen**

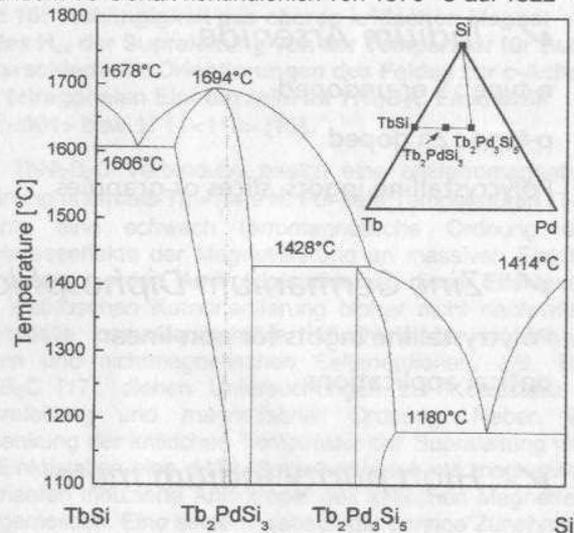
Die Kenntnis der Phasendiagramme ist eine Voraussetzung für die Optimierung der Kristallzüchtungsprozesse mit dem Ziel verbesserter Homogenität und physikalischer Perfektion der Kristalle. Für die Einkristallzüchtung wichtige Schmelzgleichgewichte waren bisher für die meisten zu untersuchenden Systeme nicht bekannt. Deshalb wurden die relevanten Teile einiger Phasendiagramme mittels metallographischer und elektronenmikroskopischer Untersuchungen an polykristallinen und zonengeschmolzenen Proben sowie Hochtemperatur-Differentialthermoanalyse (HT-DTA) bestimmt. Die neu installierte SETERAM HT-DTA Anlage gestattet Untersuchungen des Schmelzverhaltens von Legierungen bis maximal 2400 °C (bei geeignetem Tiegelmateriale). Damit konnten die Schmelzgleichgewichte von SE-ÜM-Borokarbidverbindungen aufgeklärt werden. Als Beispiel ist ein quasibinäer Schnitt des Y-Ni-B-C Phasendiagramms in Bild 8 dargestellt. Zur Konstitution des Systems

Y-Ni-B-C lagen bisher Untersuchungen zum peritektischen Bildungsmechanismus der YNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C Phase sowie im Temperaturbereich < 1500 ° C vor [11, 12]. Durch eigene Ergebnisse konnten Schmelz- und Umwandlungstemperaturen im Bereich > 1500 ° C, die Lage der peritektischen Konzentration und der Primärkristallisationsbereich der YNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C Verbindung bestimmt werden. Das war die Voraussetzung für die Festlegung des Züchtungsregimes.



**Bild 8: Schnitt Yb<sub>2</sub>C<sub>2</sub>-YNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C-YNi<sub>4</sub>B im Y-Ni-B-C-Phasendiagramm. Pfeil: Schmelzkonzentration für die Primärkristallisation der Verbindung YNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C [13]**

Ein ähnliches Erstarrungsverhalten wurden für weitere SE-ÜM-B-C Systeme gefunden, wobei peritektische Erstarrung nicht nur für quaternäre Verbindungen vorliegt (z.B. TbNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C). Auch pseudoquaternäre Tb<sub>1-x</sub>Y<sub>x</sub>Ni<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C Mischkristallphasen bilden sich peritektisch aus einer Tb<sub>1-x</sub>Y<sub>x</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> Primärphase. Die peritektische Umwandlungstemperatur sinkt mit zunehmendem Tb-Gehalt kontinuierlich von 1570 °C auf 1522 °C.



**Bild 9: Phasendiagrammschnitt TbSi-Tb<sub>2</sub>PdSi<sub>3</sub>-TbPd<sub>3</sub>Si<sub>5</sub> zeigt das kongruente Schmelzverhalten der Verbindung Tb<sub>2</sub>PdSi<sub>3</sub>. Nebenbild: Verlauf der quasibinären Schnitte im ternären Tb-Pd-Si - System [19]**

Phasendiagrammausschnitte von ternären SE-ÜM-Silizium Systemen wurden für die Kristallzüchtung intermetallischer Verbindungen bestimmt, z.B. Ce<sub>2</sub>NiSi<sub>3</sub>, Ce<sub>2</sub>CoSi<sub>3</sub>, Tb<sub>2</sub>PdSi<sub>3</sub>. Für diese Verbindungen wurde im Gegensatz zu den SE-ÜM-Borokarbidverbindungen ein kongruentes Schmelzverhalten im Temperaturbereich 1500 °C bis 1700 °C nachgewiesen. Bild 9 zeigt als Beispiel einen Schnitt des Tb-Pd-Si Zustandsdiagramms.



WAFER TECHNOLOGY LTD.

## The Wafer Technology Product Range

### ✓ Gallium Arsenide

Semi-insulating : Undoped

n-type : Si or Te doped

p-type : Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Indium Antimonide

n-type : Te or undoped

p-type : Ge doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Indium Arsenide

n-type : S or undoped

p-type : Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Zinc Germanium Diphosphide

Polycrystalline ingots for non-linear optical applications

### ✓ High purity indium metal

### ✓ Indium Phosphide

Semi-insulating : Fe doped

n-type : S, Sn or undoped

p-type: Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Gallium Antimonide

n-type : Te doped

p-type : Zn or undoped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Gallium Phosphide

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ High purity MBE source material

### ✓ High purity gallium metal

### ✓ SiC wafers

## "The Universal Choice"

For more information on any of the products visit the Wafer Technology web site at <http://www.wafertech.co.uk>.

Wafer Technology's quality system is approved to BS EN ISO9002:1994

Weitere Konstitutionsuntersuchungen wurden zur Aufklärung der Homogenitätsgebiete intermetallischer Verbindungen durchgeführt und dienten der gezielten Änderung supraleitender und magnetischer Eigenschaften der SE-ÜM-Verbindungen. Durch Variation der Zusammensetzung und mehrstufige Homogenisierungsglühung bis maximal 1500 °C konnten z.B. supraleitende Sprungtemperaturen der  $\text{YNi}_2\text{B}_2\text{C}$  Verbindung im Bereich von  $T_c = 10,4 - 15,2$  K variiert werden.

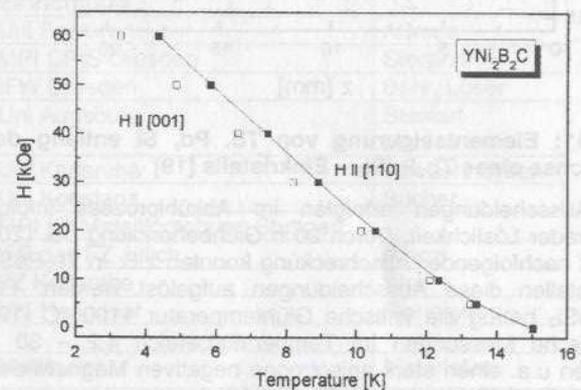
Das Fehlen geeigneter Analysenmethoden für Mehrstoffsyste-me beschränkt oft die Möglichkeit genauer quantitative Angaben zum Homogenitätsbereich der intermetallischen Verbindungen. Zur Charakterisierung der Perfektion, z.B. von SE-ÜM-Borokarbid, werden deshalb auch physikalische Größen wie das reduzierte Restwiderstandsverhältnis oder Gitterkonstanten benutzt.

#### 4.4 Einkristallzüchtung von SE-ÜM-Borokarbid und SE-ÜM-Siliziden

Der schichtförmige Aufbau der SE-ÜM-Borokarbid-Verbindungen mit tetragonal raumzentrierter Struktur vom  $\text{ThCr}_2\text{Si}_2$ -Typ bedingt eine starke Anisotropie der Eigenschaften und der magnetischen Ordnung. Deshalb spielten Grundlagenuntersuchungen an Einkristallen, die mit dem Schmelzflußverfahren gezüchtet wurden, eine entscheidende Rolle [14]. Voraussetzung für dieses Verfahren ist die Existenz eines geeigneten Schmelzflusses ( $\text{Ni}_2\text{B}$ ). Die geringen Abmessungen in c-Achsenrichtung der plättchenförmigen Kristalle sind nicht für alle Untersuchungen ausreichend. Deshalb wurde die Methode im eigenen Labor nur zur Darstellung pseudoquaternärer Verbindungen  $\text{Y}(\text{Ni}_{1-x}(\text{Cu},\text{Co})_x)_2\text{B}_2\text{C}$  angewandt. Schwerpunkt unserer Arbeiten war die Herstellung massiver Einkristalle mit dem Zonenschmelzverfahren. Bisher wurden massive  $\text{YNi}_2\text{B}_2\text{C}$  und  $\text{HoNi}_2\text{B}_2\text{C}$  Einkristalle lediglich von einer japanischen Gruppe durch Zonenschmelzen mit optischer Heizung dargestellt [11]. In unserem Labor wurden massive Einkristalle, z.B.  $\text{YNi}_2\text{B}_2\text{C}$  und  $\text{TbNi}_2\text{B}_2\text{C}$  und  $\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ni}_2\text{B}_2\text{C}$  bzw.  $\text{Tb}_{1-x}\text{Er}_x\text{Ni}_2\text{B}_2\text{C}$  Mischkristallverbindungen, mittels der induktiven Zonenschmelzmethode gezogen [15]. Entscheidende Voraussetzung für den Züchtungsprozess war die Herstellung von stöchiometrischem polykristallinem Ausgangsmaterial mit ca. 4 bzw. 6 mm Durchmesser. Massive Seltene Erden und Pulver von Ni,  $^{11}\text{B}$  und C wurden zu Pellets gepresst und in der Kaltziegel-Induktions-Schmelzanlage erschmolzen. Das vermeidet weitgehend die Bildung hochschmelzender binärer SE-Karbid- und -Boride sowie  $\text{B}_4\text{C}$ , die sich im Züchtungsprozess nur schwer auflösen. Gegenüber dem Lichtbogenschmelzen wird der Masseverlust durch selektive Elementverdampfung auf < 0.5 % verringert. Die Züchtung erfolgte mit einem orientierten Kristallkeim und nichtstöchiometrischer Anfangszone, die im Prozessverlauf ähnlich wie beim Travelling-Solvent-Verfahren durch den polykristallinen Futterstab wandert. Da die Zusammensetzung der Zone im Primärkristallisationsgebiet der  $\text{SENi}_2\text{B}_2\text{C}$  Verbindung sich stark von der des Kristalls unterscheidet, ist die Tendenz zur konstitutionellen Unterkühlung und zur zellularen Erstarrung der Phasengrenzfläche Kristall-Schmelze sehr ausgeprägt. Mit einer Rotation des Kristalls ( $10 \text{ min}^{-1}$ ) sowie langsamen Ziehgeschwindigkeiten  $v \leq 2.5 \text{ mm/h}$  wurde diese Instabilität weitgehend vermieden. Durch die Computersteuerung kann der Kristallisationsprozess anhand des Zeitverlaufs der Zonentemperatur verfolgt und durch Änderung der Induktionsleistung oder Stabziehgesehwindigkeit beeinflußt werden. Ein Mangel der Perfektion der hergestellten  $\text{SENi}_2\text{B}_2\text{C}$  Kristalle trotz Prozeßoptimierung ist das Auftreten einer schmalen polykristallinen Schicht an der Staboberfläche. Sie muß bei der Präparation der Einkristalle entfernt werden. Die endliche Eindringtiefe des Feldes bei induktiver Heizung führt zu einer konkaven Form der Phasengrenze im Oberflächenbereich. Dadurch können

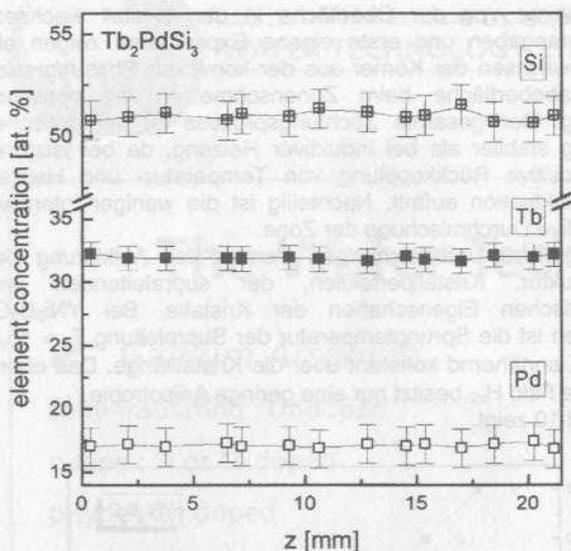
Fremdkeime von der Oberfläche in den Kristall wachsen. Literaturangaben und erste eigene Experimente zeigen ein Herauswachsen der Körner aus der konvexen Phasengrenze zur Staboberfläche beim Zonenschmelzen mit optischer Heizung. Der gesamte Züchtungsprozess ist bei optischer Heizung stabiler als bei induktiver Heizung, da bei letzterer eine positive Rückkopplung von Temperatur- und Heizleistungsfluktuation auftritt. Nachteilig ist die weniger intensive konvektive Durchmischung der Zone.

Umfangreiche Untersuchungen dienten der Aufklärung der Realstruktur, Kristallperfektion, der supraleitenden und magnetischen Eigenschaften der Kristalle. Bei  $\text{YNi}_2\text{B}_2\text{C}$ -Kristallen ist die Sprungtemperatur der Supraleitung  $T_c = 15,0 \pm 0,5$  K annähernd konstant über die Kristalllänge. Das obere kritische Feld  $H_{c2}$  besitzt nur eine geringe Anisotropie, wie Bild 10 zeigt.



**Bild 10:** Abhängigkeit des oberen kritischen Magnetfeldes  $H_{c2}$  der Supraleitung von der Temperatur für zwei unterschiedliche Orientierungen des Feldes zur c-Achse der tetragonalen Einheitszelle im  $\text{YNi}_2\text{B}_2\text{C}$  Einkristall  $H \parallel \langle 001 \rangle$  bzw.  $H \parallel \langle 110 \rangle$  [16].

Die  $\text{TbNi}_2\text{B}_2\text{C}$  Verbindung besitzt eine antiferromagnetische Ordnung unterhalb  $T_N = 14,9$  K. Für tiefe Temperaturen ( $T < 6$  K) konnte eine schwach ferromagnetische Ordnung durch Hystereseeffekte der Magnetisierung an massiven Einkristallen gezeigt werden. An Polykristallen war dieser Effekt wegen der statistischen Komorientierung bisher nicht nachweisbar. Einkristalle pseudoquaternärer Mischkristalle mit magnetischen und nichtmagnetischen Seltenerdionen, z.B.  $\text{Tb}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ni}_2\text{B}_2\text{C}$  [17], dienen Untersuchungen zur Koexistenz von Supraleitung und magnetischer Ordnung. Neben einer Absenkung der kritischen Temperatur der Supraleitung wurde an Einkristallen eine durch Seltenerd-Ionen mit magnetischen Momenten induzierte Anisotropie des kritischen Magnetfeldes  $H_{c2}$  gemessen. Eine seigerungsbedingte geringe Zunahme des  $\text{Tb/Y}$  Verhältnisses entlang der Kristallachse wurde gefunden [18]. Die Einkristalle wurden verschiedenen Gruppen des SFB und internationalen Forschergruppen zur Verfügung gestellt. Einkristalle mehrerer ternärer SE-ÜM-Silizide ( $\text{Ce}_2\text{NiSi}_3$ ,  $\text{Ce}_2\text{PdSi}_3$ ,  $\text{Tb}_2\text{PdSi}_3$  u.a.) wurden durch das induktive Zonenschmelzverfahren hergestellt. Problematisch für den Züchtungsprozess ist die geringe Oberflächenspannung der Schmelze. Sie erfordert eine kontrollierte Einhaltung geringer Zonenlängen während des Prozesses. Wegen des kongruenten Schmelzverhaltens der Verbindungen konnten höhere Ziehgeschwindigkeiten von 5–10 mm/h als bei den Borokarbidverbindungen angewandt werden. Die Stäbe waren im gesamten Querschnitt einkristallin. Die Elementseigerung entlang der Stabachse ist gering, wie Bild 11 zeigt [19]. Eine wichtige Erscheinung der Realstruktur der SE-ÜM-Silizid Einkristalle sind plättchenförmige Ausscheidungen von SESi bzw.  $\text{SESi}_2$  Phasen, die in kristallografischen Vorzugsrichtungen angeordnet sind.



**Bild 11: Elementseigerung von Tb, Pd, Si entlang der Stabachse eines  $Tb_2PdSi_3$  - Einkristalls [19]**

Die Ausscheidungen erfolgten im Abkühlprozess infolge retrograder Löslichkeit. Durch 20 h Glühbehandlung bei 1200 °C mit nachfolgender Abschreckung konnten z.B. in  $Tb_2PdSi_3$  Einkristallen diese Ausscheidungen aufgelöst werden. Für  $Ce_2PdSi_3$  betrug die kritische Glühbehandlungstemperatur 1100 °C [19]. Elektrische Messungen im Temperaturbereich 4,2 – 30 K ergaben u.a. einen stark anisotropen negativen Magnetwiderstand in  $Tb_2PdSi_3$  und  $Dy_2PdSi_3$  Einkristallen.

Neben diesen Hauptrichtungen der wissenschaftlichen Arbeit und der praktischen Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen komplexer Mehrkomponentensysteme wurden im zentralen Kristallzüchtungslabor Einkristalle weiterer binärer und ternärer intermetallischer Verbindungen ( $CeSi_2$ ,  $YNi_4B$ ) und einfacher Metalle wie Ni, Cu, Ag sowie polykristalline Proben für die Forschungsgruppen des SFB hergestellt. Zukünftig soll auch die Einkristalldarstellung magnetisch anisotroper Phasen verstärkt werden.

#### 4.5 Technische Einkristalle von Oxid-Hochtemperatursupraleitern

Wegen der besonderen magnetischen Eigenschaften massiver Hoch- $T_c$ -Supraleiter wurde deren Herstellung einschließlich dazugehöriger Grundlagen (Phasengleichgewichte, Kristallisationsverhalten) intensiv untersucht [20]. Im IFW wurden diese "harten" Typ II Supraleiter in einer hohen Qualität hergestellt, mit der das bisher höchste Feld eines Permanentmagneten von 14,35 T (bei 22 K) realisiert ("eingefroren") werden konnte [21]. Die Materialien sind "technische Einkristalle", die neben der supraleitenden Matrix ( $REBa_2Cu_3O_7$  RE= Y, Nd, Sm...) kleine Einschlüsse einer Zweitphase  $RE_2BaCuO_5$  und gegebenenfalls eines duktilen Metalls in möglichst optimierter Anordnung enthalten.

Sie werden in Umkehr der "peritektischen" Zersetzungsreaktion aus einem Preßling tiegfrei gezüchtet:



Vorteilhaft verläuft das Wachstum in dem Gebiet zwischen Solidus- und Liquidus- Flächen, wo die obige Reaktion nicht invariant abläuft. Als Keime werden z. B.  $SmBa_2Cu_3O_7$  Kristalle verwendet. Typische Abmessungen zylindrischer Scheiben liegen zwischen 25 und 80 mm Durchmesser und 10 - 20 mm Dicke.

#### 5 Interdisziplinäre Zusammenarbeit und perspektivische Vorhaben

Die Einkristallzüchtung hat sich aus rein empirischen Ansätzen zu einer wissenschaftlichen Disziplin mit stark interdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelt. Neben der nationalen und internationalen Zusammenarbeit mit eigenschaftsorientierten Forschergruppen als Nutzern der hergestellten Einkristalle wurde der Arbeitskreis „Intermetallische Verbindungen“ innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung DGKK wieder ins Leben gerufen. Hier findet ein fruchtbarer nationaler Erfahrungsaustausch zwischen den auf dem Gebiet der Kristallzüchtung tätigen Arbeitsgruppen statt, an dem auch sich nicht als Kristallzüchter fühlende Physiker regen Anteil nehmen.

Ein viel diskutiertes aber bisher ungelöstes Problem der Darstellung mehrkomponentiger intermetallischer Verbindungen ist die Kontrolle der Zusammensetzung. Die Verbesserung der Genauigkeit quantitativer chemischer Analysen erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Chemikern, die zur Aufnahme eines eigenständigen von der DFG geförderten Forschungsthemas „Präzisionselementbestimmung in intermetallischen Verbindungen“ führte.

Bei der Einkristallzüchtung aus der Schmelze wird eine konvexe Form der Phasengrenzfläche angestrebt. Bedingt durch die induktive Heizung beim Zonenschmelzen der Borokarbide war die Phasengrenzfläche in den Randbereichen jedoch konkav. Vertiefende Untersuchungen zum Einfluß von zusätzlichen Magnetfeldern werden in Zusammenarbeit mit dem Innovationskolleg an der TU Dresden INK18 „Magnetofluidynamik elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten“ durchgeführt. Unter Einschluss mathematischer Modellierung werden fundierte wissenschaftliche Grundlagen für die Einkristallzüchtung unterschiedlicher Materialklassen geschaffen. Die Ausstattung des Labors erlaubt aber auch Vergleiche unterschiedlicher Verfahren, z.B. Zonenschmelzen mit induktiver bzw. optischer Heizung.

Diese hier kurz skizzierte Zusammenarbeit von Spezialisten unterschiedlicher Fachdisziplinen wird auch in Zukunft zur Erhöhung des wissenschaftlichen Niveaus der Arbeit im zentralen Kristalllabor beitragen. Nicht zuletzt steht das Kristallzüchtungslabor Praktikanten, Diplomanden und Doktoranden sowie Gastwissenschaftlern für Arbeiten unter Betreuung erfahrener Mitarbeiter des IFW Dresden zur Verfügung.

- [1] Kristallzüchtung und Kristallwachstum im Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung Dresden, dgkk-Mitteilungsblatt 54, Nov. 1991, S. 2
- [2] G. Vaerst, W. Löser, D. Elefant u.a., *Intermetallics* 7 (1999) 237
- [3] W. Löser, G. Vaerst, A. Köthe, u.a., *phys. stat. sol. (a)* 160 (1997) 499
- [4] G. Behr "Crystal Growth" in "Semiconducting Silicides", Ed.: V.E. Borisenko, Springer Verlag Berlin 2000, Springer Series in Materials Science VOL. 39, p. 137
- [5] G. Behr, J. Werner, G. Weise u.a., *phys. stat. sol. (a)* 160 (1997) 549.
- [6] J. Werner, G. Behr, W. Bieger u.a., *J. Cryst. Growth*, 165 (1996) 258.
- [7] W. Fliegel, G. Behr, J. Werner u.a., *Sensors and Actuators B19* (1994) 474.
- [8] G. Nagarajan u.a., *Phys. Rev. Lett.* 72 (1994) 274.
- [9] R.J. Cava u.a., *Nature* 367 (1994) 146.
- [10] R. Malik, E.V. Sampathkumaran u.a., *Solid State Commun.* 106 (1998) 169.
- [11] H. Takeya u.a., *J. Alloys and Comp.*, 245 (1996) 94

- [12] H. Szillat, P. Majewski, F. Aldinger  
J. Alloys and Comp. (1997) 242.
- [13] Behr, G., W. Löser, G. Graw u.a.,  
J. Mater. Res. 14 (1999) 16
- [14] M. Xu, P.C. Canfield u.a.,  
Physica C 227 (1994) 321.
- [15] G. Behr, W. Löser, G. Graw u.a.,  
J. Cryst. Growth 198/199 (1999) 642.
- [16] G. Behr, W. Löser, G. Graw u.a.,  
Cryst. Res. & Technol. (eingereicht).
- [17] H. Bitterlich, W. Löser, K. Nenkov u.a.,  
Physica B (in Druck)
- [18] H. Bitterlich, W. Löser, G. Behr u.a.,  
J. Cryst. Growth, (in Druck).
- [19] G. Graw, H. Bitterlich, W. Löser u.a.  
J. Alloys and Comp. (eingereicht).
- [20] G. Krabbes, W. Bieger, P. Schätzle u.a.  
Adv. Sol. State Phys. 39 (1999) 383.
- [21] G. Krabbes, G. Fuchs, P. Schätzle u.a.,  
Physica C (2000) (in Druck).

**Konferenzberichte**

**Jahrestagung DGKK-2000 in Erlangen**

**Allgemeine Eindrücke**

Ich denke, ich spreche allen Teilnehmern an unserer Jahrestagung in Erlangen aus der Seele, wenn ich die Tagung ER2000 als ungewöhnlich gelungene Veranstaltung bezeichne.

Das Tagungsprogramm war inhaltlich interessant und thematisch übersichtlich gegliedert.

Der Tagungsort war großzügig, der Konferenzraum bequem und auch an den Postern gab es kein Gedränge.

Die Organisatoren und Helfer ließen mit Ihrer souveränen fränkischen Art (ich selbst bin Franke) niemals Hektik aufkommen und vermittelten eine gelassene, herzliche Atmosphäre.

Auch wenn man das eigentlich normalerweise nur sehr vorsichtig sagen darf, damit bei den zuhause gebliebenen Kollegen und Angehörigen kein Zweifel aufkommt, daß die Teilnahme an so einer Tagung harte Arbeit ist: Bestimmt kann sich kaum jemand von uns daran erinnern, jemals woanders so großzügig bewirtet worden zu sein. Dafür nochmals ein herzliches Dankeschön.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß Herr Müller mit seiner Mann- und Frauschaft die Meßlatte für die nachfolgenden Tagungen sehr hoch gelegt hat und daß wir uns in Frankfurt bei der nächsten Jahrestagung sehr anstrengen werden müssen.

Herr Müller hat der MB-Redaktion einige Fotos zukommen lassen, die alle zusammen auf der übernächsten Seite zu sehen sind.

F. Ritter

**Berichte zu einzelnen Fachthemen**

**Intermetallische Systeme**

**Übersicht über die Kristallzuchtaktivitäten auf dem Gebiet der metallischen und intermetallischen Einkristalle in Deutschland und deren Präsenz auf der Jahrestagung in Erlangen**

G. Behr  
Institut für Festkörper- und Werkstofforschung IFW  
Dresden

**Züchtung metallischer und intermetallischer Einkristalle in Deutschland**

Einrichtung	
Uni Frankfurt	Abmus
MPI CPFS Dresden	Steglich
IFW Dresden	Behr, Löser
Uni Augsburg	Stewart Manhart
Uni Karlsruhe	von Löhneysen
Uni Konstanz	Bucher
MPI für Metallforschung Stuttgart	
IFF des FZ Jülich	Wenzl
FZ Karlsruhe	Wolf
Uni Hannover	Binnieswies

Methoden	Materialien
Laser ZS	CeCu <sub>2</sub> Si <sub>2</sub>
Kalttiegel-Czochralski + ZS (Crystallox) Bridgman, Flux	ZnMgY Quasikristalle YbInCu <sub>4</sub>
Doppelellipsoid Spiegelofen Triarc Czochralski Bridgman	CeCu <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> , CeNi <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> , YbÜMX (ÜM=Rh,Ir,Pt,Ni,Cu,Co, X=Si,Ge,Al,Sn,Ga,In)
HF-ZS Kalttiegel-Czochralski + ZS (Cyberstar) Vierfachellipsoid ZS (CSI) Hochdruck ZS (MEI) Bridgman, Flux, CTR	CeSi <sub>2</sub> , ReSi <sub>2</sub> , FeSi, SENi <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C, SENiBC SE <sub>2</sub> ÜMSi <sub>3</sub> Ni, Ti,... Fe(Si 12%), FeSi NiAl, NiTi, Cu, β-FeSi <sub>2</sub>
UHV Kalttiegel-Czochralski (Crystallox)	UCu <sub>4</sub> Pd, CePdSi, CeCu <sub>6</sub> , xAg <sub>x</sub> , UPt <sub>3</sub> , CePtSi <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> , CeNi <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub>
Doppelellipsoid-Spiegelofen (GERO)	Oxide
Bridgman	MnSi, ZrZn <sub>2</sub>
Czochralski, CTR	FeSi, FeSi <sub>2</sub>
Elektronenstrahl ZS	W
HF-ZS	Cu, NiAl
Czochralski, Kalttiegel-Czochralski	Metalle
HF-ZS, Fluxzüchtung	
CTR	Silizide

Die Tabelle ist sicher nicht vollständig, die aktuellen Aktivitäten sind aber wohl alle enthalten. Es fehlen aber die von Kristallfirmen angebotenen Kristalle, da deren Herkunft häufig nicht bekannt ist.

## Beiträge zu intermetallischen Systemen auf der Jahrestagung

E06

G. Behr, W. Löser

Einkristallzüchtung hochschmelzender vielkomponentiger intermetallischer Seltenerd-Übergangsmetall-Verbindungen

V15

R. Sterzel, W. Aßmus

Kristallwachstum von ikosaedrischen ZnMgHo, Y-Quasikristallen

P10

H. Bitterlich, G. Graw, W. Löser, G. Behr, J. Fink, L. Schultz  
Konstitution und Kristallzüchtung von  $SE_2\dot{U}MSi_3$ 

P11

M. Gräber, P. Dreier, P. Gille

Züchtung und Charakterisierung von dekadonalen Quasikristallen im ternären System Al-Co-Ni

P16

R. Hermann, J. Priede, G. Behr, G. Gerbeth, L. Schultz

Einfluß von Züchtungsparametern und Schmelzkonvektionsmoden auf die flüssig-fest Phasengrenze beim RF-floating zone-Verfahren

P21

C. Eck, R. Backofen, S. Korotov, G. Müller

Mehrskalenmodelle für die Erstarrung von Metallen

### Die Beiträge auf der Tagung im Einzelnen

Der Arbeitskreis „Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen“ hat seine Aktivität innerhalb der DGKK in den vergangenen zwei Jahren intensiviert. Folgerichtig war er in diesem Jahr auf der 30. Jahrestagung mit einem eingeladenen Vortrag, einem Vortrag und 3 Postern stärker vertreten als in der Vergangenheit.

In ihrem eingeladenen Vortrag „Einkristallzüchtung hochschmelzender vielkomponentiger intermetallischer Seltenerd (SE) -Übergangsmetall (ÜM) - Verbindungen“ gaben G. Behr und W. Löser einen Überblick über die in Deutschland laufenden Aktivitäten zu diesem Thema. Die vorgestellte Klasse von Verbindungen zeichnet sich durch interessante elektrische (Heavy Fermion Verhalten), magnetische, supraleitende und magnetoelektrische Eigenschaften aus. Es wurde über die erfolgreiche Züchtung von Einkristallen von  $SENi_2B_2C$  und  $SE_2\dot{U}MSi_3$  Einkristallen durch ein Zonenschmelzverfahren mit induktiver Heizung am Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden und  $CeCu_2Si_2$  Einkristallen mittels Nacken-Kyropoulos Verfahren aus dem Kaltziegel am Physikalischen Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main berichtet. Ein Problem der Züchtung sind die unbekanntenen Phasendiagramme solcher komplexer Mehrstoffsysteme. Die Bestimmung der für die Kristallzüchtung relevanten Teile von Phasendiagrammen auch im Temperaturbereich  $> 1500\text{ °C}$  war Bestandteil der Arbeiten. Die peritektische Bildung der  $SENi_2B_2C$  Verbindungen bedingt eine große Konzentrationsdifferenz zwischen wandernder Zone und Kristall und erfordert geringe Ziehgeschwindigkeiten um  $1\text{ mm/h}$  und eine Kristallrotation. Die kongruent schmelzenden  $SE_2\dot{U}MSi_3$  Verbindungen wurden mit größeren Geschwindigkeiten von  $5 - 10\text{ mm/h}$  gezogen. Die ebenfalls peritektische Bildung von  $CeCu_2Si_2$  verbunden mit einem erheblichen Cu-Dampfdruck am Schmelzpunkt ließen sich mit der Nacken-Kyropoulos Methode mit Eigenabdeckung der Schmelze am besten beherrschen. Die Kristalle dienten der Messung anisotroper physikalischer Eigenschaften, z.B. des kritischen Magnetfeldes der Supraleitung und des Magnetwiderstandes. Ergebnisse zur Realstruktur, Seigerung

über Kristalllänge, Restwiderstandsverhältnis, Stapelfehler wurden anhand des Erstarrungsverhaltens und gemessener Prozeßparameter (z.B. Zonentemperatur) diskutiert. Von besonderer Wichtigkeit ist die Herstellung der homogener stöchiometrischer Vorlegierungen (unter Vermeidung stabiler hochschmelzender Fremdphasen), die z.T. mit einem Kaltziegel-Induktions-Schmelzverfahren erfolgte.

Im Posterbeitrag von H. Bitterlich, G. Graw u.a. wurden Einzelheiten der Züchtung von  $Ce_2PdSi_3$ ,  $Ce_2NiSi_3$ ,  $Tb_2PdSi_3$  und  $Dy_2PdSi_3$  Einkristallen mittels induktivem Zonenschmelzen berichtet. Die Kristalle enthielten Ausscheidungen von  $Ce(Tb,Dy)Si$  bzw.  $CeSi_2$ , die durch Glühbehandlung bis  $1200\text{ °C}$  und anschließendes Abschrecken aufgelöst wurden. Der Posterbeitrag von R. Hermann u.a. behandelte den Einfluß von Züchtungsparametern und Schmelzkonvektion beim induktiven Zonenschmelzen von metallischen Legierungen auf die Form der Phasengrenze. Ein konkaver Randbereich der Phasengrenze Schmelze-Kristall bei der Züchtung intermetallischer Verbindungen mit induktivem Zonenschmelzen führt z.T. zum Wachstum von Fremdkörnern an der Kristalloberfläche. Durch mathematische Modellierung der Strömung in der Schmelze in Verbindung mit Züchtungsexperimenten wurde gezeigt, daß die durch die Lorentzkraft getriebene elektromagnetische Konvektion bis zur Zonenachse eine konkave Phasengrenzfläche verstärkt. Durch geringere Zonenlängen, zusätzliche optische Nachheizer am Kristallstab und gegebenenfalls durch externe Magnetfelder kann der konvexe Anteil der Phasengrenze vergrößert werden. Die Kristallrotation hat nur einen geringen Einfluß. Die Modelluntersuchungen sind auch auf andere Materialien (Halbleiter) übertragbar.

In einem Vortrag berichteten R. Sterzel und W. Assmus über die Züchtung von ZnMgY-Quasikristallen. Die Bildung derartiger quasiperiodischer Strukturen wird durch unterschiedliche Modelle beschrieben, z.B. Wachstum überlappender Cluster. Die Kristalle der hochgeordneten flächenzentrierten ikosaedrischen ZnMgY-Phase zeichnen sich durch scharfe Beugungsreflexe aus. Die hohe Qualität der gezüchteten Quasikristalle wurde durch Messungen im Ultraschall und diffuse Röntgenstrahlung bestätigt. Die Zusammensetzung der Schmelze bei der Züchtung unterscheidet sich stark vom Kristall. Die Krümmung der Liquidus- und Soliduslinie verursacht eine Zusammensetzungsänderung des Kristalls während der Züchtung bei Erhaltung der Kristallsymmetrie. Durch Mikrosondenuntersuchungen (WDX) konnte erstmalig der Wachstumsprozess anhand der gemessenen Seigerung rekonstruiert und mit Modellen verglichen werden.

Ähnliche Probleme betrachteten M. Gräber, P. Dreier und P. Gille in dem Posterbeitrag zur Züchtung von dekadonalen Al-Co-Ni Quasikristallen mit unterschiedlichen Co/Ni-Verhältnissen mittels Czochralski-Methode. Die Züchtung aus einer nichtstöchiometrischen Schmelze und stark anisotropes Wachstumsverhalten erfordern extrem niedrige Ziehgeschwindigkeiten  $0,5$  bis  $0,1\text{ mm/h}$  zur Vermeidung konstitutioneller Unterkühlung. Anhand von Mikrosondenuntersuchungen der Al-Konzentration und des Co/Ni-Verhältnisses wurden eine radiale Homogenität und geringe axiale Seigerung im Kristall bestimmt. Dieses Seigerungsverhalten ist mit der Scheil'schen Normalerstarrung bei großer Phasenbreite zu erklären. Wichtige Konoden im Bereich der  $1050\text{ °C}$ -Isotherme konnten als Voraussetzung für definierte Züchtungsbedingungen bestimmt werden.

## Die Jahrestagung ER2000



Eröffnung der Industrierausstellung bei der Jahrestagung. Rektor, Prof. Jasper und GM am Wacker-Stand.



Diskussionen an den Postern



Verleihung des DGKK-Preises an Herrn Neubert aus Berlin durch Herrn Müller und Herrn Mühlberg.



Vortrag des DGKK-Preisträgers.



Ein großes Dankeschön von Herrn Müller für die tolle Hilfe bei der Tagungsorganisation.

Ch. Eck u.a. behandelten in einem Poster Mehrskalmodelle für die Erstarrung von Metallen. Im Gegensatz zu den oben behandelten methodisch verwandten Arbeiten zur Züchtung von Quasikristallen und intermetallischen Verbindungen zielen die Modelle auf industrielle Gießprozesse. Mit dem Modell kann u.a. die Entstehung texturierter Gefüge durch Säulenwachstum bei dendritischer Erstarrung simuliert werden. Das Mehrskalmodell umfaßt dabei die Kopplung der makroskopischen Transportgleichungen (Temperatur, Konzentration) des Gußkörpers (Makroskala) mit Modellierung des Kornwachstums durch die Technik zellulärer Automaten (Mesoskala) und der Evolution der dendritischen Mikrostruktur (Mikroskala).

Die vorgestellten Beiträge zeigten die thematische Verwandtschaft der Kristallzüchtung von metallischen Systemen mit den anderen auf der Tagung behandelten Problemkreisen wie die Herstellung von Halbleiterkristallen und optischen Kristallen, was zu vielen fruchtbaren Diskussionen mit Fachkollegen führte. Spezifische Aufgabenstellungen wie z.B. die Konstitution von Mehrstoffsystemen und ihr Zusammenhang mit dem Züchtungsprozess werden u.a. Gegenstand eines weiteren Treffens des Arbeitskreises im September 2000 in Karlsruhe sein.

### Photovoltaische Materialien

Übersicht zur Vortrags-Sitzung 4 (21.03.00 14:00h-15:50h) von Ferdinand Scholz

4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

Die vier Beiträge dieser Sitzung zu photovoltaischen Materialien widmeten sich solchen Werkstoffen, die bei vergleichsweise billigen Herstellungsbedingungen dennoch gute bis sehr gute Wirkungsgrade ermöglichen. Besonders bei der Materialklasse Cu(Ga,In)SSe konnten in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt werden, wie *H.-W. Schock* (Uni Stuttgart) in einem eingeladenen Beitrag deutlich machen konnte. Mit diesem Material sind aufgrund der großen Absorptionswerte tatsächlich Dünnschicht-Solarzellen mit Dicken um 1µm machbar. Trotz der gegenüber einkristallinen Materialien "katastrophalen" Morphologie solcher Schichten konnten in Solarzellen international Effizienzen von fast 19%, in Stuttgart immerhin von über 16% erzielt werden, weitere Steigerungen scheinen machbar. Dies liegt an der sehr großen Toleranz der Material-Eigenschaften gegenüber strukturellen Defekten, wodurch sich auch eine erheblichen Resistenz gegenüber Partikelstrahlung und damit ein wichtiges Potential für Anwendungen in der Raumfahrt ergeben. Spezielle Aspekte eines billigen Massenproduktionsverfahrens für diese Materialien wurden von *M. Winkler* (Institut für Solartechnologien, Frankfurt/Oder) diskutiert. Kupferfolienbänder durchlaufen kontinuierlich einen Schmalspalt-Reaktor, wo innerhalb weniger Sekunden eine CuInS<sub>2</sub>-Schicht erzeugt wird.

Referenz-Material der Photovoltaik ist nach wie vor das Silizium. Allerdings muß auch hier nicht immer einkristallines Material verwendet werden. *R. Bergmann* (Uni Stuttgart, eingeladen) erläuterte den Zusammenhang zwischen Korngröße und Bauteileigenschaften von nano- bis mikrokristallinem Silizium und bezog hierin auch Dünnschichttransistoren z.B. für Display-Anwendungen ein. Die Kristallite sollten für Transistoren entweder sehr viel größer oder viel kleiner als das einzelne Bauteil sein. Besonders im letzten Fall (Korngröße im Bereich einiger 10 – 100 nm) können billige Massenherstellungsprozesse verwirklicht werden. Die elektrischen Daten werden zwar mit sinkender Korngröße schlechter, sind aber immer noch für Anwendungen akzeptabel. Dagegen sind für Solarzellen Korngrößen im Bereich mehrerer 100µm notwendig. Zur Herstellung von billigen Solarzellen wurde in den letzten Jahren das Verfahren des Wafer-Transfers weiterentwickelt, mit dem heute eine 25µm dicke monokristal-

line Si-Scheibe vom ursprünglichen Si-Substrat auf Glas transferiert werden kann. An solchen Solarzellen konnten Wirkungsgrade von knapp 14% gemessen werden. Das Si-Substrat ist potenziell wiederverwendbar.

Daneben konnten die Korngrößen mit Hilfe von sequentiellen lateralen Wachstumstechniken (Laserkristallisation von amorphen Silizium-Schichten auf Glas) gesteigert werden. *M. Nerdling* (Uni Erlangen-Nürnberg, in Kooperation mit Uni Stuttgart und IPHT Jena) stellte fest, dass mit gepulsten Lasern zwar sehr lange Körner (bis zu 100µm), allerdings nur mit geringen Breiten von wenigen µm erzeugt werden können. Günstiger ist die Kristallisation mit Lasern im Dauerstrichbetrieb mit Korngrößen im Bereich von 20 – 50µm. Ergebnisse zu Solarzellen stehen aber für solche Schichten bisher noch aus.

### II-VI-Verbindungen

#### Situation der II-VI-Verbindungen im Programm der DGKK-Tagung

Bemerkungen von German Müller-Vogt

Kristall- und Materiallabor der Universität Karlsruhe

Die II-VI-Verbindungen sind eine seit langem interessante Substanzklasse, aber im derzeitigen Trend deutlich schwächer vertreten als andere Substanzen. So beginnt der Vortrag des diesjährigen Preisträgers der DGKK mit früheren Arbeiten zum Quecksilber-Kadmium-Tellurid, um sich dann dem heutzutage als Werkstoff wesentlicheren Galliumarsenid zuzuwenden. Neben der Herstellung in Schichtstrukturen, die nebenbei im Übersichtsvortrag von *F. Scholz* aus Stuttgart zum Vergleich mit den derzeitigen GaIn N/GaN-Heterostrukturen erwähnt wurden, spielt derzeit wohl nur die Potenz von CdTe zur Verwendung als Detektor für hochenergetische Gammastrahlung, als photorefraktives Material bzw. als Solarzelle eine Rolle. Dabei wird meist hochohmiges Material verlangt. Hierzu gab es von *K. Scholz* et al. einen mündlichen Vortrag über ein Modell zur Bildung der selbstkompensierenden Defektstruktur aufgrund der Tatsache, dass beim Einbau chemischer Verunreinigungen Ladungsneutralität sowohl in der Schmelze als auch im Kristall gefordert werden muss. Der erreichbare Widerstand des Materials hängt dann davon ab, wie gut sich die Diffusion von Fremdstoffen zu elektrisch inaktiven Plätzen vermeiden lässt. Zwei weitere Poster der *Freiburger Gruppe* beschäftigten sich zum einen mit Fragen der Defektstruktur in Vanadium dotierten (Cd, Zn)Te, wobei festgestellt wurde, dass sich das Vanadium Defektniveau unterhalb des Fermi-niveaus befindet, und zum anderen mit der Segregation von (Cd,Zn)Te Kristallen, die mittels wandkontaktfreier Gasphasenmethoden gezüchtet wurden. Dieses Verfahren bringt neben qualitativ hochwertigen Kristallen, was die Struktur angeht, aber eine Reihe von Problemen mit der Verteilung der Zn Konzentration im Verlauf des Wachstumsprozesses, die untersucht wurden.

## Kinetik-Seminar der DGKK

9.- 10. März 2000 am IKZ, Berlin

Bericht von Torsten Boeck  
Institut für Kristallzüchtung IKZ Berlin

Auf der Jahrestagung 1999 in Zeist (NL), die gemeinsam mit den Kristallzüchtungsorganisationen Großbritanniens und der Niederlande durchgeführt wurde, zeigte sich in Bezug auf Beiträge zur Kinetik und zur Theorie des Kristallwachstums ein deutlicher Rückstand der DGKK (siehe hierzu unser Beitrag „Denkanstöße zur Kinetik des Kristallwachstums“ im Mitteilungsblatt vom Mai 1999). Dem Rechnung tragend, regte der DGKK-Vorsitzende, Prof. G. Müller, in der gleichen Ausgabe unserer Zeitschrift die Gründung eines Arbeitskreises „Wachstum und Kinetik“ an, um dieses wichtige Gebiet, das bekanntlich auch partiell im Namen unserer Gesellschaft ausgewiesen ist, stärker zu aktivieren. Prof. P. Rudolph vom IKZ, Berlin übernahm ab Sommer 1999 die Aufgabe, Interessengruppen in Deutschland auszumachen und den Entwicklungsstand der Forschung zu recherchieren. Prof. H. Müller-Krumbhaar (Jülich) und Prof. H.P. Strunk (Erlangen) erklärten sich bereit, ihn bei der Organisation und Durchführung eines ersten Seminars zu unterstützen. Frau Dr. H. Emmerich (Magdeburg) war behilflich beim Auffinden von Forschungszentren für Kinetik im Bereich der theoretischen Physik.

Ein Aufruf an alle DGKK-Mitglieder und weitere ausgewählte Gruppen zu einem gemeinsamen Kinetik-Seminar am IKZ zeigte eine außerordentlich hohe Resonanz. Immerhin meldeten sich etwa 60 Interessenten mit 19 Vorträgen an.



**Bild 12: Im Seminarraum war jeder Platz besetzt**

Wesentliche Ziele dieser ersten Veranstaltung waren das Zusammenführen von theoretischen Physikern, Materialwissenschaftlern und Kristallzüchtern zur gemeinsamen Erörterung von Wachstumsphänomenen und eine Bestandsaufnahme, wer wo in Deutschland auf dem Gebiet der Wachstumskinetik arbeitet. Die Vorträge wurden in einen theoretischen Teil, in einen Komplex zu in situ-Untersuchungen epitaktischer Prozesse und in einen Schwerpunkt zur Massivkristallzüchtung gegliedert. Als international renommierter Gast hielt Prof. J.P. van der Eerden aus der bekannten holländischen Schule den Eröffnungsvortrag. Weitere Vortragende waren die Professoren D. Wolf (Uni Duisburg), J. Krug (Uni Essen), U. Köhler (Uni Bochum) und H. Klapper (Uni Bonn), die lehrbuchhaft wichtige neue Erkenntnisse zum Stufenwachstum, zur Keimbildung und zur Versetzungskinetik vermittelten. Nachwuchswissenschaftler der Schulen von Prof. H. Müller-Krumbhaar (Jülich), Prof. M. Henzler (Uni Hannover), Prof. H.P. Strunk (Uni Erlangen) und Prof. K.W. Benz (Freiburg) präsentierten sehr gute Analyseergebnisse.



**Bild 13: Teilnehmer des Kinetik-Seminars am IKZ, Berlin im März 2000**

Herr Dr. J. Griesche (IST Frankfurt/O.) zeigte die Auswertmöglichkeiten von RHEED-Untersuchungen. Herr Dr. L. Däweritz (PDI Berlin) referierte zur Überstrukturbildung bei epitaktischen Prozessen.

Herr Dr. Th. Klupsch (Jena) führte in das interessante Gebiet der Kinetik des Wachstums von Proteinkristallen ein und Herr Dr. R. Bergmann (Uni Stuttgart) berichtete über moderne Anwendungen bei der Niedertemperatur-Epitaxie von Si. Das IKZ trug mit zwei Beiträgen zur Rechenmethodik und zu kinetischen Problemen beim bulk-Wachstum aus der Gasphase bei. Nicht alle Vorträge können hier aufgeführt werden, dazu sei auf das vollständige Programm verwiesen. Am Abend des 9. März luden die Veranstalter zu einem geselligen Abend mit altberliner Atmosphäre in den Lichthof des IKZ ein. Hier konnten viele Gespräche fortgesetzt und neue Kontakte geknüpft werden. Der allgemeine Tenor war, daß ein derartiges Seminar einmal im Jahr durchgeführt werden sollte. Herr Strunk bot für die nächste Veranstaltung die Uni Erlangen als Tagungsort an, und Herr van der Eerden schlug für das Jahr 2002 eine Zusammenkunft in den Niederlanden vor.



**Bild 14: Im Gespräch: Prof. M. Henzler, Prof. H. Müller-Krumbhaar, Prof. R. Köhler, Prof. H.P. Strunk, Dr. T. Marek, Dr. B. Lux (v.l.n.r.).**

Insgesamt zeigte sich, daß Deutschland einen hohen Stand auf dem Gebiet der Kinetikforschung besitzt. Es muß allerdings gelingen, diese Arbeiten zunehmend in den Wirkungsbereich der DGKK zu integrieren. Das Kinetik-Seminar am IKZ war hierfür ein guter Anfang. Gedankt sei den Organisatoren und insbesondere Herrn Prof. Peter Rudolph, auf dessen persönlicher Initiative das gute Gelingen der Veranstaltung beruhte, dem Direktor des IKZ, Prof. W. Schröder für den geeigneten Auftaktort und dem Vorstand der DGKK für Anregungen und die finanzielle Starthilfe.

Der auf der Jahrestagung 2000 in Erlangen gegründete neue Arbeitskreis „Wachstum und Kinetik“ wird unter Leitung von Herrn Rudolph innerhalb der DGKK für eine kontinuierliche Fortsetzung der Forschung auf diesem Gebiet, das in Deutschland eine starke Tradition besitzt, sorgen.

**Um weiteren Interessenten an dem noch jungen Arbeitskreis einen umfassenden Eindruck von dem Themenspektrum zu geben, welches bei unserem Seminar behandelt wurde, hier ein Abdruck des wissenschaftlichen Programms:**

Donnerstag, 09. März 2000:

- 13.00 *Begrüßung, einleitende Worte*  
 13.15 J.P. van der Eerden (Univ. Utrecht, Debye Institute /NL):  
 Molecular modeling of crystal growth: slow dynamics in short-time simulations
- 13.45 F. Gutheim, H. Mueller-Krumbhaar (IFK Juelich, Theorie 3):  
 Epitaktisches Wachstum mit elastischen Wechselwirkungen (Skalenrelation und MC-Simulation)
- 14.15 D. Wolf (Univ. Duisburg, Theoretische Physik):  
 Theorie des Lagenwachstums unter Berücksichtigung von Verzerrungseffekten
- 14.45 H. Emmerich (Univ. Magdeburg, Inst. f. Theoretische Phys.):  
 Makroskopische Modellierung der Kinetik an Phasengrenzflächen (Phasenfelder, kinetischer Koeffizient)
- 15.15 G. Danker (Univ. Magdeburg, Inst. f. Theor. Phys.):  
 Stufenwachstum im nichtlinearen Regime
- 15.30 *Kaffeepause*
- 16.00 W. Miller (IKZ Berlin):  
 Die Gitter-Boltzmann-Methode - ein Weg zur Beschreibung von Wachstumskinetik auf meso- und mikroskopischer Skala ?
- 16.15 J. Krug (Univ. Essen, Fachber. Physik 7):  
 Kinetische Instabilitäten in der Homoepitaxie
- 16.45 J. Griesche (Inst. für Solartechnologie Frankfurt a.d.Oder):  
 RHEED -Untersuchungen zum Wachstumsmechanismus von breitlückigen II-VI -Verbindungenshalbleitern
- 17.15 L. Däweritz (PDI Berlin):  
 In-situ Untersuchungen der Strukturbildung während der Si-Abscheidung auf GaAs (001)-(2 x 4)
- 17.45 Th. Bergunde (FBH Berlin):  
 Kinetische Fragestellungen in der MOVPE
- 18.00 U. Koehler (Univ. Bochum, Experimentalphysik/Oberflächenphysik):  
 Kinetische Vorgänge bei der Keimbildung und dem Wachstum dünner Schichten, untersucht mit zeitaufgelöster Rastertunnelmikroskopie und MC-Simulationen (Videovorführung)
- 18.30 *kurze Aussprache, anschl. gemeinsames Abendessen im Lichthof des IKZ Berlin*

Freitag, 10. März 2000:

- 8.30 A. Kadreva-Petkova, M. Henzler (Univ. Hannover, Inst. f. Festkörperphysik):  
 Wachstum von Pb-Schichten auf Si (111)-7 x 7 Oberfläche bei tiefen Temperaturen
- 9.00 M. Becker, H. Strunk (Univ. Erlangen, Inst. für Mikrocharakterisierung):  
 Kinetik des Inselwachstums im System GeSi/Si (001)
- 9.30 U. Hoermann, H. Strunk (Univ. Erlangen, Inst. für Mikrocharakterisierung):

Zur Silizidierung ultra-dünner Metallschichten auf Si

- 10.00 Kaffeepause
- 10.30 Th. Klupsch (Inst. für Molekulare Biotechnologie Jena):  
Kristallwachstum von Proteinen - aktueller Stand und Probleme
- 11.00 J. Meinhardt (Univ. Freiburg, Kristallogr. Inst.):  
Untersuchung des Dotierstoffeinbaus und der Wachstumsmechanismen an III-V - Halb-leitern mittels  $\mu$ -PL
- 11.30 H. Klapper (Univ. Bonn):  
Die Fortpflanzung von Versetzungen während des Kristallwachstums und ihr Einfluß auf die Kinetik und Oberflächenstruktur
- 12.00 D. Siche (IKZ Berlin):  
Mögliche kinetische Probleme bei der Züchtung von SiC-Kristallen aus der Gasphase
- 12.15 R. Bergmann, L. Oberbeck (Univ. Stuttgart, Inst. für Physikal. Elektronik):  
Korrelation zwischen Wachstumsbedingungen und elektronischen Eigenschaften bei der Niedertemperatur-Epitaxie von Si
- 13.00 Ende des Seminars

**Termine**

**Nächste Treffen der Arbeitskreise**

**Arbeitskreis**

**"Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs-, InP- und SiC-Kristallen"**

Nächstes Treffen vermutlich im Herbst, genauer Termin bei Redaktionsschluß noch nicht bekannt.

Kontakt über  
Prof. Dr. G. Müller  
Institut für Werkstoffwissenschaften VI  
Universität Erlangen  
Martensstraße 7  
91058 Erlangen  
Phone: +49-9131-857636; Fax: +49-9131-858495  
E-mail: georgmueller@ww.uni-erlangen.de

**Arbeitskreis**

**"Intermetallische Verbindungen"**

Nächstes Treffen am am 28. und 29. September 2000 am Physikalischen Institut der Uni Karlsruhe in der Arbeitsgruppe von Prof. von Löhneysen

Kontakt über  
Dr. Günter Behr  
Institut für Festkörper- und  
Werkstoffforschung Dresden  
Postfach 270016  
01171 Dresden  
Tel.: 0351-4659404; Fax: 0351-4659480  
email: behr@ifw-dresden.de

*More than just optics*



- fibre optics
- optical systems
- optoelectronics



- laser optics
- precision optics
- laser ceramics



- the international optical network

**Laser ceramics®**

Laserkristalle

BaTiO<sub>3</sub>

FRANK OPTIC PRODUCTS®

Quarz

ZnSe

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Keramik

Calcite

Saphir

KTP

CaF<sub>2</sub>

BBO

KDP

**Materialien · Komponenten · Baugruppen · Systeme**

► FRANK OPTIC PRODUCTS  
POB 1869  
D-89008 Ulm  
Phone +49 (0)30/63 92-62 47  
Fax +49 (0)30/63 92-62 46  
E-Mail frank@GMS.Teleport-Berlin.de

► Lieferanschrift:  
Rudower Chaussee 29  
D-12489 Berlin  
Phone +49 (0)30/63 92-62 32  
Fax +49 (0)30/63 92-62 45  
www.keramik.de/frank-optic-products



Wir stellen aus:  
**Halle 5.1/2**  
**Stand C 038**  
27.-30.06.2000  
Messegelände  
Frankfurt/Main

## Arbeitskreis

**"Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik"**

Nächstes Treffen am 28./29. September 2000 in Bonn.

## Kontakt über

Prof. Dr. Manfred Mühlberg

Institut für Kristallographie

der Universität zu Köln

Zülpicher Str. 49b

D-50674 Köln

Tel.: 0221/470-4420; FAX: 0221/470-4963

E-mail: M.Muehlberg@kri.uni-koeln.de

## oder über

Dr. Franz Wallrafen

Mineralogisches Institut

der Universität Bonn

Poppelsdorfer Schloß

53115 Bonn

Tel.: 0228/73-2961, -3817; FAX: 0228/73-2770

E-Mail: crystal.growth@uni-bonn.de

## Arbeitskreis

**"II-VI – Halbleiter"**

Termin für nächstes Treffen bei Redaktionsschluß nicht bekannt

## Kontakt über

Dr. German Müller-Vogt

Kristall- und Materiallabor der

Fakultät für Physik

Kaiserstr. 12

76131 Karlsruhe

Tel.: 0721/608-3470; Fax.: 0721/697-7031

Email: German.Mueller-Vogt@phys.uni-karlsruhe.de

## Arbeitskreis

**"Epitaxie von III-V-Halbleitern"**

Nächstes Treffen 11./12. Dezember 2000 im Dorint Hotel Bad Dürkheim

Alle Informationen hierzu bekommt man über:

[http://www.physik.uni-kl.de/w\\_fouchh/DGKK](http://www.physik.uni-kl.de/w_fouchh/DGKK)

(Großschreibung beachten!)

## Kontakt über

Prof. Dr. Henning Fouckhard

Geb. 46 /Raum 415

Arbeitsgruppe Integrierte Optoelektronik

Fachbereich (FB Physik),

Universität Kaiserslautern

Postfach 3049, 67653

Erwin Schrödinger-Str. 46

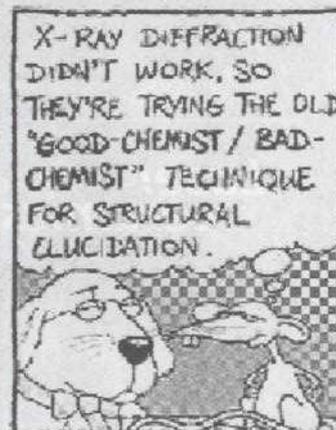
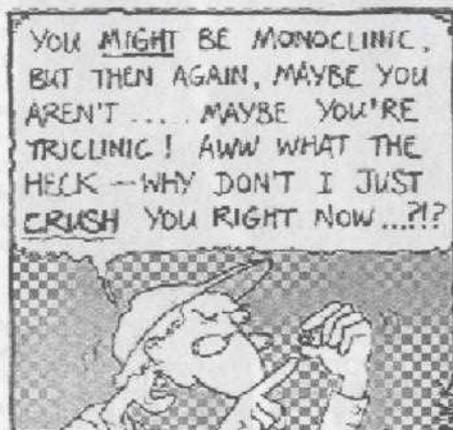
67663 Kaiserslautern

Tel.: 0631/205-4145; Fax.:0631/205-4147

E-Mail: fouchhar@physik.uni-kl.de

**Anmerkung der Redaktion:**

Diese Rubrik gibt es auch in der Internet-Version des Mitteilungsblatts, zu finden über die Homepage der DGKK. Dort finden Sie dann die aktuellen Termine und Informationen, die bei Redaktionsschluß dieser Ausgabe des MB noch nicht bekannt waren.



## Ankündigung

Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin  
und  
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus, LS Angewandte Physik – Sensorik  
Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, AG Kristallographie  
IHP, Frankfurt/Oder

führen durch:

## Kristallzüchtungsschule 2000

11.-15. September 2000, an der BTU in Cottbus

### „Von der Physik des Kristallwachstums zum maßgeschneiderten Werkstoff“

#### Schwerpunkte:

- Phasengleichgewichte
- Keimbildung, Kinetik, Kristallwachstumsmodelle
- Modellierung von Transportprozessen in der fluiden Phase und an Wachstumsflächen
- Züchtungskonzepte für Massivkristalle und Epitaxieschichten
- Methoden zur Diagnostik von Kristallstrukturen und Strukturdefekten
- Umsetzung der materialwissenschaftlichen Kenntnisse für technische Applikationen
- Moderne Kristallmaterialien
- Exkursion in Forschungseinrichtungen der Länder Berlin und Brandenburg

#### Teilnehmerkreis:

Studenten, Doktoranden und Nachwuchswissenschaftlern auf den Gebieten Kristallographie, Kristallzüchtung und Materialwissenschaften soll ein Forum zur Vertiefung des Wissensstandes und zur Diskussion ihrer eigenen Arbeiten mit Hochschullehrern und Vertretern der Industrie geboten werden. Die Schulungssprache ist Deutsch.

#### Anmeldeschluß:

1. Juli 2000

Weitere Informationen sind zu finden im Internet unter:

<http://www.ikz-berlin.de/kzs2000>

Rückfragen bitte an Dr. Torsten Boeck oder Dr. Thomas Teubner

Institut für Kristallzüchtung im Forschungsverbund Berlin e.V.

Max-Born-Str. 2, 12489 Berlin

Tel.: (030) 6392-3051 bzw. -3052

Fax: (030) 6392-3003

email: [kzs2000@ikz-berlin.de](mailto:kzs2000@ikz-berlin.de)

**Ankündigung:**

Für unsere nächste Jahrestagung, die von der Frankfurter Kristallzüchtergruppe unter Leitung von Herrn Aßmus ausgerichtet wird und eine Gemeinschaftsveranstaltung der DGKK und der französischen GFCC sein wird, stehen mittlerweile Ort und Termine fest:

**Tagungsort:**

Lufthansa-Ausbildungszentrum in Seeheim/Jugenheim in der Nähe von Darmstadt.

**Termine:**

Montag, 5.3.01:

Anreise und gemeinsames Abendessen;

Dienstag, 6.3.01:

Konferenz (Konferenzbeginn um 8:30);

Mittwoch, 7.3.01:

Konferenz (Konferenzende um 17:30); optional für Leute mit längerer Rückreise noch eine Übernachtung und

Donnerstag, 8.3.01:

Abfahrt nach dem Frühstück.

**Tagungen****04 - 07 June 2000**

17<sup>th</sup> Conference of Crystal Growth and Epitaxy of AACG (West) at Stanford Sierra Camp California  
Abstracts December 01, 1999  
Contact: A. Clawson  
U.C. San Diego, ECE Dept.  
E-mail: clawson@ece.ucsd.edu

**05 - 09 June 2000**

10<sup>th</sup> Int. Conf. on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE-X) at Hokkaido Univ., Sapporo, Japan  
Abstracts January 14, 2000  
<http://www2u.biglobe.ne.jp/~icmovpe>

**13 - 15 June 2000**

Int. Space Station Forum 2000  
Berlin, Germany  
[www.estec.esa.int/ISSForum2000](http://www.estec.esa.int/ISSForum2000)

**14 - 16 June 2000**

Freiberger Forschungsforum  
51. Berg- und Hüttenmännischer Tag  
u.a. Kristallzüchtung  
Contact: H.J. Möller  
E-mail: moeller@physik.tu-freiberg.de

**26 - 28 June 2000**

Sixth Int. Conf. on Advanced Computational Methods in Heat Transfer  
Madrid, Spain  
Contact: S. Hanley, Wessex Inst. of Technology, Southampton, UK  
E-mail: shanley@wessex.ac.uk

**03 - 07 July 2000**

11<sup>th</sup> Int. Semiconducting and Insulating Materials (SIMC-XI 2000) in Canberra, Australia  
Abstract January 17, 2000  
Contact: Ch. Jagadish  
The Australian National University, Res. School of Phys. Sci. And Engin., Canberra, ACT 0200, Australia  
E-mail: simc2000@anu.edu.au

**09 - 14 July 2000**

Gordon Research Conferences

School on Point & Line defects in Semiconductors  
Colby-Sawyer College  
Contact: Th. Kennedy  
[www.grc.uri.edu](http://www.grc.uri.edu)

**16 - 22 July 2000**

6<sup>th</sup> Int. Congress on Applied Mineralogy (ICAM 2000) in Göttingen und Hannover  
among others: advanced materials (biomaterials, semiconductors, superconductors, sensor materials, single crystal growth)  
Contact: R.B. Heimann  
ICAM 2000 Office, BGR/NLFB, P.O. Box 510153, 30631 Hannover, germany  
E-mail: ICAM2000@bgr.de

**30 July - 04 August 2000**

Thirteenth Int. Conf. on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy  
Snowmass, Colorado, USA  
i.e. materials for photon conversion  
E-mail: ips2000@nrel.gov  
[www.nrel.gov/ips2000](http://www.nrel.gov/ips2000)

**13 - 18 August 2000**

Twelfth American Conference on Crystal Growth (ACCGE-12), Growth and Epitaxy at Vail Marriott Mountain Resort, Colorado  
Abstracts: March 15, 2000  
Contact T. Gentile, P.O. Box 3233  
Thousand Oaks, CA 91359-0233 USA  
E-mail: aacg@lafn.org

**21 - 25 August 2000**

ICES'2K, Special Symp. on Computational Mechanics for Electronic Devices/Components  
Los Angeles, USA  
Contact: N. Miyazaki, Kyushu Univ., 6-10-1 Hakozaki, Japan  
E-mail: miyazaki@apex.chem-eng.kyushu-u.ac.jp

**22 - 29 August 2000**

Int. School on Crystal Growth Technology 2 (ISCGT-2) in Zao (near Sendai), Japan  
bulk and epitaxial growth, kinetics, simulation, surface and interface, crystal machining, industrial crystallization  
E-mail: iscgt2@lexus.imr.tohoku.ac.jp  
<http://tourer.imr.tohoku.ac.jp/iscgt2/index.htm>

**10 - 15 September 2000**

Conf. on Laser and Electro-Optics/ Europe and Int. Quantum Electronics Conf. (CLEO/E -IQEC) in Nice, F  
Section Inorg. Opt. Mat., chaired by K. Petermann  
Inst. Laser Phys., Univ. Hamburg, Jungiusstr. 9a  
20355 Hamburg, Germany  
E-mail: petermann@physnet.uni-hamburg.de

**10 - 15 September 2000**

First Int. Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Sciences and Biotechnology  
Sorrento, Italy  
Contact: ESTEC Conf. Bureau, PO Box 299  
2200 AG Noordwijk, NL  
E-mail: confburo@estec.esa.nl

**11 - 15 September 2000**

Fourth Int. Meeting on Thermodiffusion (IMT4)  
Bayreuth, Germany  
Contact: W. Köhler, Phys. Inst. Univ. Bayreuth  
E-mail: werner.koehler@uni-bayreuth.de

**13 - 17 September 2000**

2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Inorganic Materials  
Santa Barbara, CA, USA  
E-mail: s.wilkinson@elsevier.co.uk

**17 - 22 September 2000**

28<sup>th</sup> IEEE Photovoltaic Specialists Conference in  
Anchorage, Alaska, USA  
Contact: A. Rohatgi  
Georgia Tech. School of ECE, Atlanta, GA 30332  
E-mail: ajeet.rohatgi@ece.gatech.edu

**11 - 15 September 2000**

School on Crystal Growth (Von den physik. Grundlagen des  
Kristallwachstums zum maßgeschneiderten Werkstoff)  
of IKZ Berlin  
Contact: T. Boeck  
Institut f. Kristallzüchtung, Max-Born-Str. 2  
12489 Berlin, Germany  
E-mail: boeck@ikz-berlin.de

**24 - 27 September 2000**

Int. Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2000)  
Nagoya, Japan  
Contact: K. Kishino, Sophia Univ., Tokyo, Japan  
www.etl.go.jp/iwn2000/Home.html

**05 - 07 October 2000**

Workshop on New Materials for Electronics  
at the Inst. of Electronic Materials Technology (ITME)  
Warsaw,  
Contact: Prof. A. Pajczkowska  
E-mail: itme3@atos.warman.com.pl

**09 - 13 October 2000**

Int. Conference on Solid State Crystals  
Materials Science and Application  
Zakopane, Poland  
E-mail: adamik@wat.waw.pl  
www.wat.waw.pl/iks/zakopane2000.html

**11 - 12 October 2000**

DGKK-Arbeitskreistagung Verbindungshalbleiter  
GaAs, InP, SiC in Freiberg/Sachsen  
Informationen: G. Müller und A. Winnaker,  
Inst. f. Werkstoffwiss., Univ. Erlangen

**18 - 20 October 2000**

3<sup>rd</sup> International Workshop on Modeling in  
Crystal Growth in Stony Brook, New York, USA  
Abstracts April 15, 2000  
Contact: J. Derby  
Dept. Chem. Engin. and Mat. Sci.  
Univ. of Minnesota, 421 Washington Ave.,  
MN 55455-0132, USA  
E-mail: derby@tc.umn.edu

**19 - 26 November 2000**

International School on Crystal Growth of IUCr - Crystal  
Growth  
of Materials for Energy Production and Energy-saving  
Applications  
at University in Monastir, Tunesia  
theoretical aspects of crystal growth, growth technologies,

characterization of crystals and epilayers, applications, solar  
cells

registration deadline: 20 September 2000  
Contact: R. Fornari, MASPEC Parma, Italy  
E-mail: fornari@maspec.bo.cnr.it  
and M. Hassen, Univ. Monastir, Tunesia  
E-mail: hassen.maref@fsm.rnu.tn

**27 - 01 November 2000**

MRS Fall Meeting  
Boston, USA  
www.mrs.org

**11 - 12 December 2000**

15. DGKK-Workshop Epitaxie von III-V  
Halbleitern in Bad Dürkheim  
Diskussionsbeiträge bis 15. 09. 00  
Anmeldung bis 12. 10. 00  
Organisator: H. Fouckhardt  
Univ. Kaiserslautern  
e-mail: fouckhar@physik.uni-kl.de

**24 - 29 July 2001**

Int. School on Crystal Growth of IOCG (ISSCG-11)  
in Japan

**30 July - 04 August 2001**

ICCG-13/ICVGE-11  
Doshisha Univ. Campus, Kyoto, Japan  
abstracts deadline: 15 January 2001  
proceedings manuscripts: 30 April 2001  
http://iccg.doshisha.ac.jp

**Die Bücherecke**

Rüdiger Borchardt, Siegfried Turowski  
„Symmetrielehre der Kristallographie“  
Modelle der 32 Kristallklassen zum Selbstbau  
Oldenbourg, München 1999, 140 Seiten, 59 DM

Der Titel dieser Neuerscheinung, den man sieht, wenn das Buch vor einem im Bücherregal steht, klingt sehr konventionell und läßt ein eher strenges Lehrbuch vermuten, das bestimmt lehrreich ist, wenn man es nur mit hinreichender Anstrengung liest. Daß es genau das nicht ist, sondern eigentlich mehr „Modellbaukasten“ als Buch, fällt erst auf, nachdem man das Buch aus dem Regal genommen hat und den Untertitel liest. Man kann aus diesem „Buch“ auch viel lernen, das aber weniger durch reines Lesen, als vielmehr durch Basteln und Anschauen.

Von den 140 Seiten bestehen nur die ersten 24 Seiten aus Lehrbuchtext herkömmlicher Art. Hier werden nach einer kurzen Einführung in das Arbeitsgebiet der Kristallographie die wichtigsten Grundbegriffe der Symmetrielehre und die Darstellung der Symmetrieelemente in der stereographischen Projektion beschrieben, es wird erklärt, was man unter Kristallsystemen und Kristallklassen versteht und es wird in die internationale Symbolik zu deren Bezeichnung eingeführt. Den Schluß des kurzen Lehrbuchs bildet eine Erläuterung, wie die Anzahl der Symmetrieelemente neben der Gestalt der betrachteten Körper auch von deren Aufstellung abhängt. Der Hauptteil des Buches ist ein Modellbauteil zur Anfertigung von Modellkörpern aus Karton zu jeder der 32 Kristallklassen. Das heißt, in dem Buch findet man 32 verschiedene „Ausschneidebögen“, die vermutlich bei den meisten von uns Erinnerungen an die Kindheit hervorrufen, in der mehr oder weniger komplizierte Modellgegenstände je nach Geschick und Geduld mit unterschiedlichem Erfolg angefertigt wurden. Die Käufer dieses Buchs werden mehr Nutzer als Leser sein,

da sie vermutlich mehr Zeit in den Modellbau und die Auseinandersetzung mit den gebauten Modellen, als in das reine Lesen investieren werden. Es muß gesagt werden, daß ähnlich den Erlebnissen in der Kindheit man am Selbstbau der Modelle nur dann Freude haben wird, wenn man einigermaßen sorgfältig vorgeht, speziell bei den relativ komplizierten Körpern der hochsymmetrischen Kristallklassen. Dann allerdings macht das Basteln der Modelle und vor allem das spätere Betrachten, Drehen und Wenden wirklich Spaß. Zu jedem der Modelle findet man einen zweiseitigen Erklärungsteil, in dem die auf den Modellen dargestellten Symmetrieelemente erklärt werden. Durch das Erleben der Wirkung der Symmetrieelemente auf das jeweilige Modell prägen sich diese recht wirkungsvoll ein.

Insgesamt ist mein Eindruck, daß die Beschäftigung mit diesem Buch eine sehr effektive und auch unterhaltsame Einführung in die praktischen Aspekte der Symmetriellehre sein kann, wenn man etwas Freude auch an handwerklichen Dingen hat oder Kinder, Freunde oder Freundinnen, die beim Modellbau helfen. Zur Zielgruppe des Buchs gehören natürlich weniger die „gestandenen“ Kristallographen, die auf diesem Gebiet der Naturwissenschaft schon lange tätig sind, sondern Studenten und Leute, deren hauptsächliches Wissensgebiet nicht die Kristallographie ist, die sich aber aus beruflichen oder anderen Gründen in dieses Arbeitsgebiet einarbeiten wollen oder müssen. Das Arbeiten mit aus Papier gefertigten Modellen mag in einer Zeit, in der raffinierte Programme einem nahezu alles, was man sich ausdenken kann, auf den Computerbildschirm zaubern, auf den ersten Blick etwas antiquiert erscheinen. Zur Ausbildung des eigenen räumlichen Vorstellungsvermögens ist diese Arbeitsweise aber sehr wirkungsvoll, wie ich an mir selbst erfahren konnte. Es kann nur von Vorteil sein, wenn man auch in seinem eigenen Kopf ein leistungsfähiges „Grafikprogramm“ besitzt.

F. Ritter

## Die Schmunzelecke

### Aufklärung



Nein, ich habe Dich nicht heruntergeladen,  
ich habe Dich geboren!

## Genauso war's.

### Diese Originalzitate von Versicherungskunden wurden von der deutschen Versicherungswirtschaft gesammelt:

Ich fuhr mit meinem Wagen gegen die Leitschiene, überschlug mich und prallte gegen einen Baum. Dann verlor ich die Herrschaft über mein Auto.

Ich sah ein trauriges Gesicht langsam vorüberschweben, dann schlug der Herr auf dem Dach meines Wagens auf.

Wäre ich nicht versichert, hätte ich den Unfall nie gehabt. Denn ohne Versicherung fahre ich nicht.

Bei dem Autounfall wurde mein Schwiegersohn nicht verletzt, denn er war gar nicht mitgefahren.

Sofort nach dem Tod meines Mannes bin ich Witwe geworden.

Einnahmen aus der Viehhaltung haben wir keine. Mit dem Tod meines Mannes ging das letzte Rindvieh vom Hof.

Ihr Computer hat mir ein Kind zugelegt. Aber ich habe gar kein Kind. Schon gar nicht von Ihrem Computer.

Ich habe nun so viele Formulare ausfüllen müssen, daß es mir bald lieber wäre, mein geliebter Mann wäre überhaupt nicht gestorben.

Ich dachte, das Fenster sei offen, es war jedoch geschlossen, wie sich herausstellte, als ich meinen Kopf hindurchsteckte.

Im gesetzlich zulässigen Höchsttempo kollidierte ich mit einer unvorschriftsmäßigen Frau in Gegenrichtung.

Ich bitte um Stundung der Kaskoprämie. Seit mein Mann gestorben ist, fällt es mir ohnehin schwer, mein kleines Milchgeschäft hochzuhalten.

Dummerweise stieß ich mit dem Fußgänger zusammen. Er wurde ins Krankenhaus eingeliefert, und bedauerte dies sehr

...



**Die Inserenten des Hefts**

**Gero Hochtemperaturöfen GmbH..... 2**  
 20 Jahre Erfahrung im Ofenbau-Ihr Partner in der Kristallzüchtung

**Freiberger Compound Materials..... 5**

**MaTeck.....9**  
 Die Material-Technologie und Kristalle GmbH  
 Kompetenz in Kristallherstellung und -Präparation

**Struers GmbH.....11**  
 Der Spezialist für die Probenpräparation,

**Cyberstar.....13**  
 Seit langem bekannt als Hersteller hochentwickelter Kristallzüchtungsanlagen

**Hüttinger-Elektronik GmbH.....15**  
 Der Spezialist für Induktionserwärmung und Plasmatechnologie

**TBL-Kelpin.....17**  
 Der Nachfolger des Kristallhandel-Kelpin, mehr als 25 Jahre Erfahrung in Kristall-Handel und Technologie

**Steremat Elektrowärme GmbH.....18**  
 Steremat-Anlagen zur Induktionserwärmung und Kristallzüchtung, vielen Kristallzüchtern seit Jahren vertraut

**Wafer Technology.....20**

**Frank Optic Products.....29**  
 Weltweit tätiger OEM-Zulieferer hochwertiger optischer Komponenten,

**Linn High Therm GmbH.....Umschlagseite, S.40**  
 Ein Highlight des Herstellers von Öfen für das Labor: Überdruckofen für 100 bar bei 1800°C und Sauerstoff.

*Eine Bitte an die Inserenten:  
 Bitte schicken Sie neben Ihrer Annonce auch einen kleinen Ein- bis Zweizeiler an die Redaktion, mit dem wir Ihre Anzeige hier in diesem Verzeichnis ankündigen können.*

**Liebe Leser:**

**Bitte beachten Sie auch die Seiten der inserierenden Firmen, die uns meist schon seit Jahren unterstützen.**

## Register bereits erschienener Artikel

### Beschreibung von Kristallzuchtungsstandorten

Titel	MB-Nr.
Berlin, Kristallzuchtung am Hahn-Meitner-Institut	55
Berlin, Institut für Kristallzuchtung (IKZ)	56
Braunschweig, Forschung zum Kristallwachstum seitens der ansässigen Institute	42
Dresden, Kristallzuchtung und Kristallwachstum am ZFW (bis 1990)	54
Erlangen-Nürnberg, Kristalllabor am Lehrstuhl f. Werkstoffe der Elektrotechnik der Univ.	60
Frankfurt am Main, Kristall- und Mat.-Labor am Physikalischen Institut der Universität	50
Freiburg, Forschungsschwerp. "Kristallz. unter Red. Schwerkraftbedingungen" (KURS)	53
Freiburg, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme	47
Freiburger Materialforschungszentrum (FMF)	61
Gießen, Kristallzuchtung am I. Physikalischen Institut der Universität	52
Karlsruhe, Kristall- und Materiallabor der Fakultät für Physik an der Universität	46
Kristallzuchtung in Polen (engl.)	64
Kristallzuchtung in Süd-Korea	66
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Berlin	51
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Bochum	47
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Hannover	46

### Züchtungsverfahren, Züchtungsprojekte

Titel	MB-Nr.
Flüssigphasenelektroepitaxie	55
Liquid Encapsulated Cz.-Grown Semi-Insulating GaAs, Quality Status	54
Vertical Bridgman and Gradient Freeze Growth of III-V-Compound Semiconductors	53
Lithium-Niobat, Herstellung großer Einkristalle	42
Optical Heating for Zone Methods	65
Kristallzuchtung für die Photovoltaik	59
Gedanken zu Gegenwart und Zukunft der Photovoltaik	68
Kristallzuchtung unter reduzierten Schwerkraftbedingungen	49
Kristallzuchtung mit der Skull-Schmelz-Technik	67
Kristallzuchtung von SrPrGaO <sub>4</sub>	70

### Charakterisierung, mikroskopische Untersuchungen, Grundlagen

Titel	MB-Nr.
Characterization of Crystal Defects	56
ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), X-Ray Diffraction Topography	60
ESRF (Kurzinformation)	62
Kristalldefekte und ihre Rolle in elektronischen Bauelementen	46
Lichtmikroskopie für die Kristallzuchtung -Kontrastverfahren und Spannungsoptik-	63
Marangoni-Effekte	37
Rasterkraftmikroskopische in-situ Kristallisationsuntersuchungen an der TU-Braunsch.	65

### Technisches

Titel	MB-Nr.
Edelmetalle als Tiegelmateriale	49
Thyristorsteller zum Betreiben von Kristallzuchtungsöfen, Probleme bei induktiver Last	52

### Historisches

Titel	MB-Nr.
Einkristallzuchtung vor 35 Jahren: Herstellung von GaAs mit dem Gremmelmeier-Verf.	57
Kristallzuchtung in der DDR	51
Kristallzuchtung unter Obhut der Arbeitsgruppe "Kristallisation" der VfK (DDR)	63
Iwan N. Stranski	66
The Various Institutions of Crystal Growth (How did they all start?)	44
Walter Schottky, Anmerkungen zum 100. Geburtstag	44

### Forschungsorganisation, Politik

Titel	MB-Nr.
DFG-Schwerpunktprogramm "Kristallkeimbildung und -wachstum ..." (1988-93)	62
Fächerübergreifende Arbeitsgemeinschaft Halbleiterforschung Leipzig	64
Tätigkeit der "IUCr Commission on Crystal Growth and Characterization of Materials"	70

**Redaktion**

**Chefredakteur** F. Ritter  
 Physikalisches Institut der  
 Uni Frankfurt am Main  
 Robert Mayer Str. 2 - 4  
 60054 Frankfurt /Main  
 Tel.: 069/798 -28053  
 Fax.: -28520  
 E-Mail: F.Ritter@Physik.uni-frankfurt.de

**Übersichtsartikel,  
 Kristalzüchtung  
 in Deutschland** T. Boeck  
 IKZ Berlin  
 Tel.: 030/6392 -3051  
 Fax.: -3003  
 E-Mail: boeck@ikz-berlin.de

**Tagungsberichte** W. Aßmus  
 Uni Frankfurt am Main  
 Tel.: 069/798 -23144  
 Fax.: -28520  
 E-Mail: assmus@physik.uni-frankfurt.de

**Mitteilungen der DGKK  
 Stellenangebote/  
 Stellengesuche** A. Lüdge  
 IKZ-Berlin  
 Tel.: 030/6392 -3076  
 Fax.: -3003  
 E-Mail: luedge@ikz-berlin.de

**Mitteilungen ausländischer  
 Schwestergesellschaften** F. Ritter  
 Anschrift siehe oben

**Tagungskalender** P. Rudolph  
 IKZ-Berlin  
 Tel.: 030/6392 -3034  
 Fax.: -3003  
 E-Mail: pr@ikz-berlin.de

**Bücherecke  
 Schmunzelecke** R. Diehl  
 IAF Freiburg  
 Tel.: 0761/5159 -416  
 Fax.: -400

**Anzeigenwerbung** G. Müller-Vogt  
 Uni Karlsruhe  
 Tel.: 0721/608 -3470  
 Fax.: /697 -7031  
 Email: kml@phys.uni-karlsruhe.de

**Internet-Redaktion**

**Redaktionsleitung** Dr. H. Walcher  
 (Anschrift s. rechte Spalte)  
**Gestaltung der WEB-Seite** U. Rehse u. S. Bergmann  
 IKZ-Berlin  
 Tel.: 030/6392 -3093  
 Fax.: -3003  
 E-Mail: rehse@ikz-berlin.de  
 WWW: <http://www.dgkk.de>

**Hinweise für Beiträge**

**Redaktionsschluß MB 72:  
 15. Oktober 2000**

Bitte senden Sie Ihre Beiträge möglichst auf Diskette (Format sekundär) oder per E-Mail als angehängte Dateien.  
 Willkommen sind jederzeit interessante Bilder für den Titel.

Besten Dank  
 Die Redaktion

**SATZ, DRUCK & WEITERVERARBEITUNG**

bollmann druck GmbH  
 Rudolf-Diesel-Straße 3  
 90513 Zirndorf bei Nürnberg

**Vorstand der DGKK****Vorsitzender**

Dr. G. Müller  
 Institut für Werkstoffwissenschaften VI  
 Universität Erlangen  
 Martensstraße 7  
 91058 Erlangen  
 Tel.: 09131/85 -7636  
 Fax.: -8495  
 E-Mail: georgmueller@ww.uni-erlangen.de

**Stellvertretender Vorsitzender**

Dr. L. Ackermann  
 Forschungsinstitut für mineralische und metallische  
 Werkstoffe  
 Struthstraße 2  
 55743 Idar-Oberstein  
 Tel.: 06781 -21191  
 Fax.: -70353  
 E-Mail: FEE-IO@t-online.de

**Schriftführerin**

Dr. A. Lüdge  
 Institut für Kristalzüchtung  
 12489 Berlin  
 Tel.: 030/6392 -3076  
 Fax.: -3003  
 E-Mail: luedge@ikz-berlin.de

**Schatzmeister**

Dr. German Müller-Vogt  
 Kristall- und Materiallabor der  
 Fakultät für Physik  
 Kaiserstr. 12  
 76131 Karlsruhe  
 Tel.: 0721/608 -3470  
 Fax.: 0721/697 -7031  
 Email: German.Mueller-Vogt@phys.uni-karlsruhe.de

**Beisitzer**

Dr. H. Walcher  
 Fraunhofer-Institut für  
 Angewandte Festkörperphysik  
 Tullastr. 72  
 79108 Freiburg  
 Tel.: 0761/5159-347 oder 597  
 Fax.: 0761/5159-219  
 E-Mail: Walcher @ iaf. fhg. de

Dr. W. v. Ammon  
 Wacker Siltronic AG  
 Wacker Straße  
 84489 Burghausen  
 Tel.: 08677/83 -2008

Dr. B. Weinert  
 Freiburger Compound Materials GmbH  
 Am Junger Loewe Schacht 5  
 09599 Freiberg / Sachsen  
 Tel.: 03731/280 -200  
 Fax.: -106

**BANKVERBINDUNGEN**

Sparkasse Karlsruhe  
 Kto.-Nr. 104 306 19,  
 BLZ 660 501 01

Postbank Karlsruhe  
 Kto.-Nr. 2424 17-752,  
 BLZ 660 100 75

**DGKK - STICHWORTLISTE****KRISTALLHERSTELLUNG****ZÜCHTUNGSMETHODEN**

- 110 Schmelzzüchtung  
111 Czochralski  
112 LEC  
113 Skull / kalter Tiegel  
114 Kyropoulos  
115 Bridgman  
116 Schmelzzonen  
117 gerichtetes Erstarren  
118 Verneuil  
119 andere Methoden
- 120 Gasphasenzüchtung  
121 CVD, CVT  
122 PVD, VPE  
123 MOCVD  
124 MBE, MOMBE  
125 Sputterverfahren  
129 andere Methoden
- 130 Lösungszüchtung  
131 wässrige Lösung  
132 Gelzüchtung  
133 hydrothermal  
134 Flux  
135 LPE  
136 THM  
139 andere Methoden
- 140 weitere Verfahren  
141  $\mu$ -g - Züchtung  
142 Hochdrucksynthese  
143 Explosionsverfahren  
144 Elektrokristallisation  
145 Rekristallisation / Sintern  
149 andere Verfahren
- 150 Reinstoffherstellung

**MATERIALZUSAMMENSETZUNG**

- 210 Elemente  
211 Graphit  
212 Diamant, diamantartiger K.  
213 Silizium  
214 Germanium  
215 Metalle  
219 andere Elemente
- 220 Verbindungen  
221 binäre Verbindungen  
222 ternäre Verbindungen  
223 multinähe Verbindungen  
231 IV-IV  
232 III-V  
233 II-VI  
234 Oxide, Ferroelektrika  
235 metallische Legierungen  
236 Supraleiter  
237 Halogenide  
238 organische Materialien  
239 andere Verbindungen

**WACHSTUMSFORMEN**

- 311 Massivkristalle  
312 dünne Schichten, Membranen  
313 Fasern  
314 Massenkristallinat  
321 Einkristalle  
322 Polykristalle  
323 amorphe Materialien, Gläser  
324 Multischicht - Strukturen  
325 Keramik, Verbundwerkstoffe  
326 Biokristallinat  
327 Flüssigkristalle  
328 Polymere  
329 andere Materialtypen

**KRISTALLBEARBEITUNG**

- 411 Tempern  
412 Sägen, Bohren, Erodieren  
413 Schleifen, Läppen, Polieren  
414 Laserstrahl - Bearbeitung  
421 Lithographie  
422 Ionenimplantation  
423 Mikrostrukturierung

**KRISTALLCHARAKTERISIERUNG****KRISTALLEIGENSCHAFTEN**

- 510 grundlegende Eigenschaften  
511 Stöchiometrie  
512 Phasenreinheit  
513 Struktur, Symmetrie  
514 Morphologie  
515 Orientierungsverteilung  
516 Phasenumwandlungen
- 520 Strukturdefekte / Struktureigenheiten  
521 Punktdefekte, Dotierung  
522 Versetzungen  
523 planare Defekte, Verzwilligung  
524 Korngrenzen  
525 Einschlüsse, Ausscheidungen  
526 Fehlordnungen  
527 Überstrukturen
- 530 Mechanische Eigenschaften  
531 Elastische Eigenschaften  
532 Härte  
533 Bruchmechanik
- 540 Thermische Eigenschaften  
541 Wärmeausdehnung  
542 kritische Punkte
- 550 Elektrische Eigenschaften  
551 Leitfähigkeit  
552 Ladungsträger-Eigenschaften  
553 Ionenleitung  
554 Supraleitung
- 560 Optische Eigenschaften
- 570 Magnetische Eigenschaften
- 580 Weitere Eigenschaften  
581 Diffusion  
582 Korrosion  
583 Oberflächen-Rekonstruktion

**MESSTMETHODEN**

- 610 chemische Analytik  
611 chemischer Aufschluß  
612 Atzmethoden  
613 AAS, MS  
614 thermische Analyse
- 620 Mikroskopie  
621 lichtoptische Mikroskopie  
622 Elektronenmikroskopie  
623 Rastertunnel-Mikroskopie  
624 Lumineszenz-Topographie
- 630 Beugungsmethoden  
631 Röntgendiffraktometrie  
632 Röntgentopographie  
633 Gammadiff raktometrie  
634 Elektronenbeugung  
635 Neutronenbeugung
- 640 Spektroskopie, Spektrometrie  
641 UV-, VIS-, IR-, Fourier-  
642 Raman-, Brillouin-  
643 Kurzzeit-Spektroskopie  
644 NMR, ESR, ODMR  
645 RBS, Channeling  
646 SIMS, SNMS
- 650 Oberflächenanalyse  
651 LEED, AUGER  
652 UPS, XPS
- 660 Elektrische Charakterisierung
- 670 Andere Meßmethoden

**MATHEMATISCHE BEHANDLUNG**

- 710 Kristallwachstum  
711 Keimbildung  
712 Wachstumsvorgänge  
713 Transportvorgänge  
714 Rekristallisation  
715 Symmetrieaspekte  
716 Kristallmorphologie  
717 Phasendiagramme

- 730 Materialeigenschaften  
731 thermodyn. Berechnungen  
732 elektrochem. Berechnungen  
733 Bandgap-Engineering (physik.)  
734 Crystal-Engineering (biolog.)  
735 Defect-Engineering

- 750 Prozessparameter  
751 Temperaturverteilung  
752 Konvektion

**ENTWICKLUNG / VERTRIEB / SERVICE**

- 810 Anlagen / Komponenten  
811 Zuchtungsapparaturen  
812 Prozess-Steuerungen  
813 Sägen, Poliereinrichtungen  
814 Öfen, Heizungen  
815 Hochdruckpressen  
816 mechanische Komponenten  
817 elektrische Komponenten  
818 Meßeinrichtungen
- 830 Zubehör  
831 Zubehör für Kristallzüchtung  
832 Zubehör für Kristallbearbeitung  
833 Zubehör für Materialanalyse  
834 Ausgangsmaterialien  
835 Kristalle  
836 Lehrmaterial, Kristallmodelle  
837 Rechenprogramme
- 850 Service  
851 Anlagenplanung  
852 Anwendungsberatung  
853 Materialanalyse (als Service)

**Die Schriftführerin bittet darum, bei Antrag auf Mitgliedschaft nur diese Code-Nr. zu verwenden**

**Dr. A. Lüdge**

DGKK-Schriftführerin  
Institut für Kristallzüchtung  
Rudower Chaussee 6  
D-12489 Berlin

**Telefax: 030 / 6392-3003**

**Betr.: Verwendung der persönlichen Daten im Internet**

- Ich bin damit einverstanden, daß meine persönlichen Daten vollständig (sh. Mitgliedsverzeichnis) im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden.  
 Ich möchte, daß nur mein Namen im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht wird.  
 Ich wünsche nicht, daß meine Daten im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden. (zutreffendes bitte ankreuzen)

Datum

Unterschrift

Name bitte in Druckschrift wiederholen

Seit Erstellung des Mitgliederverzeichnisses 1995 haben sich folgende Änderungen ergeben:

Wenn Sie auf dem Gebiet Kristallwachstum, -züchtung, -charakterisierung und -Anwendung tätig und noch nicht Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) sind, so treffen Sie heute eine wichtige Entscheidung und

**werden Sie Mitglied der DGKK!**

- Sie sind willkommen in einem Kreis von rund 500 Fachkollegen, die einer Gesellschaft angehören, deren Zweck es ist,  
- Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet von Kristallwachstum und Kristallzüchtung zu fördern,  
- über entsprechende Arbeiten und Ergebnisse durch Tagungen und Mitteilungen zu informieren,  
- wissenschaftliche Kontakte unter den Mitgliedern und die Beziehung zu anderen wissenschaftlichen Gesellschaften zu fördern, sowie  
- die Interessen ihrer Mitglieder auf nationaler und internationaler Ebene im Sinn der Gemeinnützigkeit zu fördern.

Damit kann die Gesellschaft zu einer wesentlichen Unterstützung Ihrer beruflichen Aktivitäten beitragen. Zögern Sie daher nicht und senden Sie noch heute das ausgefüllte Anmeldeformular ab (Jahresbeitrag DM 30,-, für Studenten DM 15,-)

**Dr. A. Lüdge**

DGKK-Schriftführerin  
Institut für Kristallzüchtung  
Rudower Chaussee 6  
D-12489 Berlin

**Telefax: 030 / 6392-3003**

**Antrag auf Mitgliedschaft / Änderung**

Ich (Wir) beantrage(n) hiermit die Mitgliedschaft in der deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e. V. (DGKK).

- Art der Mitgliedschaft:  ordentliches Mitglied  
 studentisches Mitglied  
 korporatives Mitglied

Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft: \_\_\_\_\_

Dienstanschrift

(Name) (Vorname) (Titel) (Beruf)

(Firma, Institut, etc.)

(Straße, Haus-Nr.)

(PLZ, Ort)

(Telefon) (FAX) E-mail

Privatanschrift: (bitte nur in Ausnahmefällen für den Schriftwechsel wählen)

(Straße, Haus-Nr.)

(PLZ, Ort)

(Telefon) (FAX) E-mail

Wissenschaftliche Interessen- und Erfahrungsgebiete (Stichworte): \_\_\_\_\_

Tätigkeit und Erfahrung mit maximal 10 Stichwortnummern charakterisieren (s. Liste).

1.: 2.: 3.: 4.: 5.: 6.: 7.: 8.: 9.: 10.:

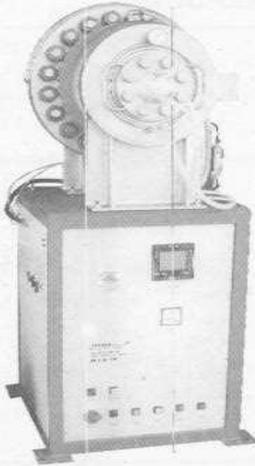
**Verwendung der persönlichen Daten im Internet?**

- Ich bin damit einverstanden, daß meine persönlichen Daten vollständig im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden.  
 Ich möchte, daß nur mein Namen im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht wird.  
 Ich wünsche nicht, daß meine Daten im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden. (zutreffendes bitte ankreuzen)

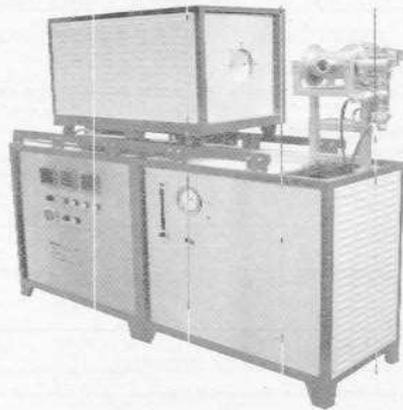
den

(Unterschrift)

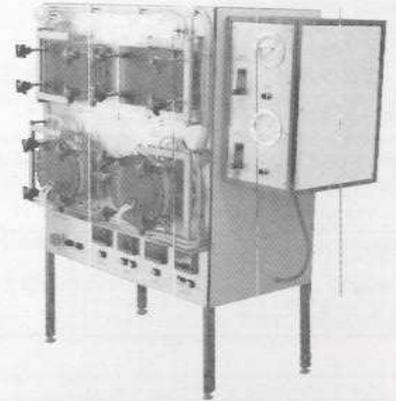
# VORSPRUNG DURCH MODERNSTE TECHNOLOGIE



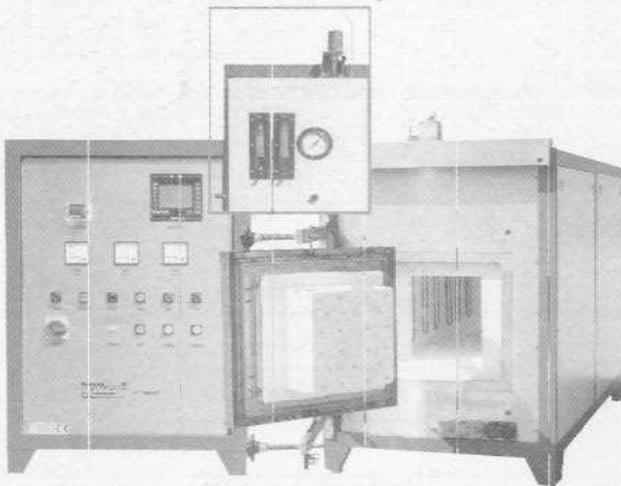
**Hochdruckofen**  
 Rubistar 100  
 FKH-70/80/120/1820-100  
 Für Edelsteinwarmbehandlung,  
 High Tech Keramiken, Pulvermetallurgie...  
 Für Betrieb an Luft, Vakuum  $10^{-2}$  mbar.  
 100 bar Überdruck.  
 Max. Temperatur 1820 °C.  
 Betrieb an Argon und Stickstoff mit  
 reduzierter Temperatur.  
 Nutzraum ca. 0,6 l.  
 Wasserstoff bis 5 % möglich.  
 Druckbehälter wassergekühlt.



**Rohrofen**  
 FRH, verfahrbar, bis 1750 °C.  
 Bridgeman-Verfahren und  
 Zonenschmelzen unter  
 Schutzgas / Hochvakuum.



**4-Kammer-Laborofen**  
 VMK-S für Wärmebehandlung,  
 z. B. thermischen Ätzen, Tempern,  
 Diffundieren. Für Halbleiter und  
 Mikrostrukturtechnik. Schutz-  
 gasbetrieb. 2 Rechteckkammern,  
 Inconel, 2 zylindrische Kammern,  
 Quarz. Für höchstreine Prozesse.  
 Reinraumbetrieb. Tmax 1050 °C.



**Hochtemperaturofen**  
 HT, hochwertige Hochtemperaturöfen für universelle  
 Wärmebehandlungen.  
 Keramikfaser- oder Graphitfilz-Isolation. Gasdichte  
 Ofenkammer, auch für H<sub>2</sub>-Betrieb, Begasungs- und  
 Abfackelungseinrichtung, Sicherheitspaket.  
 Nutzraum: 52,5 l, T max: 1750 °C, Dauertemperatur:  
 1700 °C (Graphitversion bis 1900 °C).  
 Formiergas, Ar, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Edelgas.  
**Optionen:** Molybdän-, Wolfram-, Graphit-Heizelemente.  
 Vakuumausführung bis  $10^{-2}$  mbar.



**Kaltwandofen**  
 KKV-140/270/2000 zum Tempern, Sintern, Schmelzen.  
 Kristallzucht, Pulvermetallurgie, Keramik-, Nuklear-  
 industrie und Forschung, Entwicklung. Bis 2000 °C.  
 Schirmblechaufbau aus Wolfram und Molybdän mit  
 Wolfram-Mesh-Heizer. Ar, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> und Vakuum bis  $10^{-5}$   
 mbar. Nutzraum: Ø = 140 mm, h = 270 mm, 4,0 l.  
 Heizleistung: max 35 kVA.  
 Für Schutzgasatmosphären auch mit Wasserstoff:  
 Begasungseinheit, Sicherheitspaket,  
 Abfackelvorrichtung mit Flammüberwachung.  
 Temperaturregelung wahlweise über Thermoelemente  
 Wolfram / Rhenium oder optisches Pyrometer.  
 Umfangreiches Optionsangebot.

**Sonderanlagen  
 nach  
 Kundenspezifikation!**

**linn**  
 High Therm



ISO 9001

Linn High Therm GmbH  
 Heinrich-Hertz-Platz 1  
 D-92275 Eschenfelden  
 Tel: +49 (0) 9665 9140-0  
 Fax: +49 (0) 9665 1720  
 E-Mail: info@linn.de  
 Internet: www.linn.de