

1 Allgemeine Angaben

Antrag auf Gewährung einer Sachbeihilfe im Rahmen eines Paketantrags, Fortsetzungsantrag

DFG-Geschäftszeichen: Gu 264/1-1

1.1 Antragsteller

1.1.1 Gerd Gülker, Dr. rer. nat., Dipl.-Phys., Wissenschaftlicher Mitarbeiter
08.11.1956, deutsch, AG Angewandte Optik, Fakultät V - Institut für Physik,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Dienstliche Adresse:

Postfach 2503

26111 Oldenburg

Telefon: 0441-798-3511

Telefax: 0441-798-3576

E-Mail: gerd.quelker@uni-oldenburg.de, Internet: <http://aop.physik.uni-oldenburg.de>

Private Adresse:

Brunsbrok 22

26127 Oldenburg

Telefon: 0441-67881

1.1.2 Klaus Hinsch, Prof.Dr.rer.nat., Dipl.-Phys., Leiter der Arbeitsgruppe
26.03.1941, deutsch, AG Angewandte Optik, Fakultät V - Institut für Physik,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Dienstliche Adresse:

Postfach 2503

26111 Oldenburg

Telefon: (0441) 798-3453

Telefax: (0441) 798-3576

E-Mail: klaus.hinsch@uni-oldenburg.de, Internet: <http://aop.physik.uni-oldenburg.de>

Private Adresse:

Osterbergstr. 5

26180 Rastede-Loy

Telefon: 04402 - 83929

1.2 Thema

Verhalten von Salzen in porösen Systemen – Interferometrische Verformungsmessung mit hoher räumlicher Auflösung während der Kristallisation von Salzen.

1.3 Kennwort

Verformungsmessung an porösen Systemen

1.4 Fachgebiet und Arbeitsrichtung

Materialwissenschaften, Salze, Angewandte Optik, Lasermesstechnik

1.5 Voraussichtliche Gesamtdauer

a) Vorhaben läuft seit 2001

b) Förderung durch die DFG seit 01.08.2001

c) voraussichtliche Dauer: noch ca. 1,5 Jahre

d) beantragte Verlängerung der Förderdauer: 1 Jahr

1.6 Antragszeitraum

1 Jahr ab Beginn der Bewilligung

1.7 Gewünschter Beginn der Förderung

- a) Datum der bisherigen Bewilligung: 24.04.2001 (GU 264/1-1)
- b) Die Personalmittel reichen bis 31.07.2003
- c) Die Sachmittel reichen bis 31.07.2003

1.8 Zusammenfassung

Der Einsatz der elektronischen Specklemuster-Interferometrie (ESPI) mit hoher räumlicher Auflösung und großer Messempfindlichkeit hat sich, wie im anliegenden Arbeitsbericht dargelegt, als erfolgreicher Weg erwiesen, um erstmals die bei der Phasenumwandlung von Salzen in porösen Systemen erzeugten Verformungen als Reaktion des Materialgefüges auf den entstehenden Hydratationsdruck im Bereich einzelner Makroporen zu vermessen. Zuvor mussten jedoch störende Salzausblühungen an den Substratoberflächen durch intensive Optimierung der Versuchsanlage und der Versuchsbedingungen weitgehend unterdrückt werden. Nachdem nun prinzipiell die Eignung des Messsystems gezeigt werden konnte, soll im Zuge jetzt anstehender systematischer Analysen die Qualität der Verformungsbilder weiter verbessert werden, um so die Dynamik verschiedener Phasenübergänge verlässlicher bestimmen zu können. Danach sollen in verschiedenen Messserien unter Verwendung von ausgewählten Salzen bzw. Salzkombinationen Verformungen an Modellsubstraten aufgrund von Hydratation und Kristallisation untersucht werden. Auch hat sich die Notwendigkeit gezeigt, die Verformungen salzangereicherter Randzonen der Substrate im Vergleich zur unbelasteten Innenzone orts aufgelöst zu bestimmen. Letztlich sollen diese Untersuchungen auf einige wenige Natursteine ausgedehnt werden.

2. Stand der Forschung, eigene Vorarbeiten

siehe anliegenden Arbeitsbericht

3. Ziele und Arbeitsprogramm

3.1 Ziele

Zentrales Ziel des Erstantrages in dem Teilprojekt der Universität Oldenburg war es, die bei der Kristallisation von Salzen entstehenden **Mikroverformungen** in der direkten Umgebung von **Makroporen** orts aufgelöst zu detektieren. Hierfür sollte ein Mikroskop-ESPI-System, das in Kombination mit einer Kleinklimakammer zur Klimatisierung von Untersuchungsobjekten betrieben werden kann, für die spezielle Aufgabenstellung zur Anwendung gebracht werden.

In der Tat konnten durch den Einsatz dieses Messsystems erstmals die Verformungen im Bereich von großen Poren detektiert werden, die aufgrund von Phasenübergängen von Salzen in einem porösen Substrat erzeugt wurden. Aufgrund massiver Probleme durch

Salzausblühungen an den Substratoberflächen und der daraus resultierenden Notwendigkeit einer intensiven Optimierung der Versuchsanlage, der Versuchsbedingungen und der Materialkombination aus Substrat und Salz konnten die Ergebnisse erst zu einem sehr späten Zeitpunkt der bisherigen Projektlaufzeit gewonnen werden. Im verbleibenden Förderzeitraum müssen diese Messungen wiederholt und die Ergebnisse verifiziert werden und entsprechend der ursprünglichen Planung in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern analysiert und visualisiert werden. Im Rahmen der beantragten Fortsetzung des Projektes sollen nun weitere Optimierungen und systematische Messserien durchgeführt werden, um das innerhalb des Paketantrages zu untersuchende Phänomen der Salzverwitterung weitergehend zu erklären. Im einzelnen werden folgende Ziele verfolgt:

- Weitere Verbesserung der Qualität der Messergebnisse des ESPI-Verfahrens
- Größere Variationsmöglichkeit der Temperatur der Probekörper
- Untersuchung des Verformungsverhaltens der versalzten Randzone im Vergleich zur nahezu salzfreien Innenzone der Kombination Glasfritte - Mg_2SO_4 während Temperaturänderung bzw. Hydratation und Dehydratation.
- Messreihen zur Hydratation bzw. Dehydratation an verschiedenen Substraten unter Variation der jeweiligen Salze.
- Messreihen zur Kristallisation unter Variation der jeweiligen Salze und Substrate
- Messreihen an mineralogisch komplexeren Systemen, wie z.B. künstlich hergestellte Baustoffe oder Natursteine.

3.2 Arbeitsprogramm

Die zeitliche Abfolge der einzelnen Unterpunkte ist in der Anlage 3 in übersichtlicher Form einer Balkenplandarstellung zu entnehmen.

3.2.1 Verbesserung der Qualität der ESPI-Messergebnisse

Nachdem nun erstmalig gezeigt werden konnte, dass mit dem Mikroskop-ESPI-Verfahren Verformungen aufgrund von Phasenübergängen im Bereich von Makroporen gemessen werden können, müssen systematische Messserien folgen. Zuvor muss allerdings die Qualität der Messergebnisse optimiert und die Auswertesicherheit weiter erhöht werden, um die zeitliche Dynamik der Materialreaktion besser nachvollziehen zu können. Der Zeitpunkt der

ersten Verformungsreaktion des Substratgefüges soll ja je nach den gegebenen Versuchsbedingungen sehr genau bestimmt werden können, um die Probenentnahme für das IWT Bremen zu steuern und erste Nukleationsvorgänge visualisieren zu können. Neben weiteren Anstrengungen zur Vermeidung von Salzausblühungen soll dieses im wesentlichen durch zwei Maßnahmen geschehen, die bereits im Erstantrag für das dritte Jahr eingeplant waren:

- a) Die im Erstantrag beschriebene Methode der zeitlichen Demodulation, die bislang aufgrund der unerwartet großen Probleme mit den im Arbeitsbericht erläuterten Salzausblühungen an den Messoberflächen noch nicht eingebunden wurde, soll nunmehr implementiert werden. Es muß erkundet werden, ob dieses Verfahren in Verbindung mit dem räumlichen Phasenschieben im Falle der hier zu untersuchenden Prozesse und der damit verbundenen zeitlichen Dynamik Anwendung finden kann und ob es dadurch zu einer Erhöhung der Auswertesicherheit führt. Die prinzipielle Eignung für ESPI ist bekannt, die Leistungsfähigkeit in der geplanten realen Messsituation muss aber aufgrund der kleinen Untersuchungsfläche und der auftretenden Specklefelddekorrelationen unter Beweis gestellt werden.
- b) Die ebenfalls im Neuantrag bereits angekündigte Regelung der Offsetlage in den einzelnen Sägezahnbildern, die die Auswirkungen der verbleibenden Einflüsse auf den Gesamtaufbau - resultierend z.B. aus Temperaturfluktuationen, mechanischen Instabilitäten oder Restvibrationen - minimieren kann, wird nunmehr realisiert. Hierzu werden die Phasenlagen zwischen einem oder einigen wenigen Speckles und der Referenzwelle bezogen auf einen vorher gewählten „Nullpunkt“ konstant gehalten. Dies kann z.B. dadurch geschehen, daß der Weg des Beleuchtungsstrahls über ein piezoelektrisches Stellglied mit passendem Regelsignal veränderbar ist.

3.2.2 Verbesserung der Möglichkeit zur Variation der Proben temperatur

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass zur Untersuchung von Übergängen zwischen verschiedenen Hydratstufen und zur Vermeidung von Salzausblühungen an den Oberflächen die Proben temperatur in einem recht großen Bereich variierbar sein muss. Da dies mit der bisherigen Klimakammer so nicht zu erreichen ist, werden zusätzliche Maßnahmen ergriffen, die dies ermöglichen. Gedacht ist hier an eine zusätzliche Bestrahlung der Probe von außen und/oder an eine Temperierung der Probe mit Hilfe eines Peltierelements. Letzteres Vorgehen wurde bereits in einem früheren Projekt erfolgreich eingesetzt, um (metallische) Probekörper sehr gezielt aufzuheizen.

3.2.3 Messreihen

Die unerwartet großen Schwierigkeiten bei den interferometrischen Verformungsmessungen haben dazu geführt, dass innerhalb der bisherigen Projektlaufzeit noch keine systematischen Messreihen begonnen werden konnten. Durch die Minimierung der Salzausblühungen an den Probenoberflächen und nach einer weiteren Optimierung der Ergebnisbildqualität von ESPI sollen nunmehr im Fortsetzungszeitraum systematische Untersuchungen beginnen, zunächst weiterhin an Modellobjekten, zum Projektende auch an Natursteinen. Gemeinsam mit dem Projektpartner vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum und nach Vorgabe des Projektpartners IAAC Hamburg werden hierfür Salz-Substrat-Kombinationen ausgesucht, die dann unterschiedlichen klimatischen Situationen ausgesetzt werden. Nach erfolgreicher Verformungsmessung bzw. während auftretender Gefügeverformung werden dann vom Projektpartner IWT Bremen, gegebenenfalls unter Kryofixierung, Proben entnommen und mikroskopisch analysiert. Im einzelnen sind folgende Messreihen geplant:

- Die bisherige erfolgreiche Verformungsmessung mit ESPI wurde an der Kombination Glasfritte - Mg_2SO_4 während der Hydratation erzielt. Die Hydratation, d.h. der Phasenübergang von Kieserit zu vermutlich Epsomit wurde allein durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte erzeugt. In der verbleibenden Restlaufzeit des Erstantrages sollen dieser Versuch mit verlangsamer Klimaänderung wiederholt und die Ergebnisse verifiziert werden. Weiterhin ist bislang völlig ungeklärt, ob und in welchem Umfang auch die Dehydratation von Mg_2SO_4 im porösen System allein durch Feuchteänderung möglich ist. Dementsprechend sind hier Anschlussmessungen unter Veränderung der relativen Luftfeuchte und der Temperatur notwendig.
- Die bisherigen Versuche an dem System Glasfritte - Mg_2SO_4 haben eine ausgeprägte Ungleichverteilung der Salzbelastung über den Substratquerschnitt ergeben. Wie in den Berichten erläutert, hat sich eine Randzone mit erheblichem Salzanteil gebildet, während der Kern der Substrate nahezu salzfrei verbleibt. Es soll daher untersucht werden, wieweit sich die bei der Hydratation bzw. Dehydratation entstehenden Verformungen in den Innenbereich hinein auswirken. In Ergänzung an die Untersuchungen in Bochum sollen hierzu die Messfelder vergrößert werden, so dass eventuelle Dilatationen der kompletten Probekörper erfasst werden können. Zudem ist sowohl ein direkter Vergleich der unterschiedlich stark versalzten Materialgebiete vorgesehen, indem ein größeres Messfeld direkt den Übergangsbereich überdeckt, als auch ein sequentieller Vergleich, wobei nacheinander in den beiden Teilbereichen mit hoher räumlicher Auflösung gemessen wird. Dies soll sowohl mit dem Verfahren ESPI, als auch mit der im Erstantrag bereits erläuterten Methode der digitalen

Specklephotografie durchgeführt werden, um den vollen dreidimensionalen Deformationsvektor zu erhalten.

- In weiteren Untersuchungsreihen sollen andere Salze mit weniger Hydratstufen wie z.B. Natriumsulfat oder Natriumchlorid, aber auch Salzkombinationen nach Vorgabe aus dem IAAC zum Einsatz kommen. Zudem sollen die Substrate variiert werden, um die Abhängigkeit von den Porenradienverteilungen studieren zu können. Gedacht ist hier z.B. an Glasfritten mit anderen Porositäten, aber auch an Korund. Die konkrete Auswahl wird nach diversen Voruntersuchungen des Projektpartners in Bochum wiederum in bewährter Absprache mit allen Projektpartnern durchgeführt. Da in den ESPI-Messungen die Bewegungen der die Poren umgebenden Substratkörner gemessen werden soll, können auch Systeme mit kleineren Porenradien, aber gleichbleibend großen Körnern untersucht werden. Wichtig bei all diesen Untersuchungen wird es wiederum sein, die Ausblühung von Salzen an den Oberflächen zu minimieren.
- Die Maßnahmen, die in den ersten erfolgreichen ESPI-Messungen zu einer Verlagerung des Verdunstungshorizontes in das Material hinein und damit zu einer Minimierung der Salzausblühungen an den Probenoberflächen geführt haben, sollen nun auch für die Untersuchung der Kristallisation eingesetzt werden. Derzeit ist noch unklar, ob die bisherigen Vorkehrungen ausreichend sind, um interferometrische Messungen zu ermöglichen. Notfalls müssen die Tests zur Versiegelung der Messflächen fortgeführt werden, wobei wiederum eine enge Zusammenarbeit mit den Aktivitäten in Bochum erfolgen muss.
- In der abschließenden Projektphase ist geplant, von den Modellsubstraten auf mineralogisch komplexere Systeme, wie etwa künstlich hergestellte Baustoffe oder Natursteine überzugehen, wobei die bisherigen Erkenntnisse und Ergebnisse auf die Art der Beeinflussung und der Untersuchungssituation übertragen werden. Auch hier wird die Auswahl unter Absprache aller Projektpartner geschehen und in die weiteren Planungen einfließen.

4. Beantragte Mittel

4.1 Personalbedarf

- a) **1 Wissenschaftliche/r Mitarbeiter/in BAT IIa** für die Dauer des Vorhabens.

Aufgaben: Konzeption und Durchführung der verschiedenen unter 3.2 genannten Entwicklungen und Erweiterungen des ESPI-Meßsystems incl. Softwareerstellung; Durchführung der Meßreihen.

- b) **1 Wissenschaftliche Hilfskraft** ohne Abschluß mit einer monatlichen Arbeitszeit von 41 Stunden für die Dauer des Vorhabens (1/2 WiHi-Stelle).

Aufgaben: Unterstützung bei der Durchführung und Auswertung der ausgiebigen Messreihen.

4.2 Wissenschaftliche Geräte

keine

4.3 Verbrauchsmaterial

- optische Kleinteile (Fasern, Coatings usw.)	500,-- €
- feinmechanische Komponenten (Bauelementehalterungen, Verschiebetische, usw.)	700,-- €
- EDV- und sonstiges Verbrauchsmaterial, Fachliteratur, Lit.-Recherchen,	500,-- €
Summe 4.3	1.700,-- €

4.4 Reisen

- Vierteljährliche Projektbesprechungen, Beratungen und Ergebnisaustausch	250,-- €
- Eine internationale Tagung jährlich mit aktiver Teilnahme	1.500,-- €
Summe 4.4	2.000,-- €

5. Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens

5.1 Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

- Prof. Dr. K. Hinsch
- Dr. G. Gülker, Dipl.-Phys

- Dr. H. Helmers, Dipl.-Phys.
- Dipl.-Phys. S. Herrmann
- R. Harms, Techniker
- Dipl.-Phys. H. Joost
- Dipl.-Phys. A. El Jarad
- 1 wissenschaftliche Hilfskraft ohne Abschluß
- derzeit 1 Physik-Diplomand

5.2 Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern

Neben der beabsichtigten und notwendigen Zusammenarbeit mit den Partnern der anderen Teilprojekte ist derzeit keine weitere intensive Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern vorgesehen.

5.3 Auslandsbezug

entfällt

5.4 Apparative Ausstattung

- 10J Doppelpuls-Rubinlaser, CW Nd:YAG Laser, Argon-Ionen-Laser, div. He-Ne und Diodenlaser; 2 x 1,5 J Nd:YAG Doppelresonator-Lasersystem
- Bildverarbeitungsanlage mit mehreren Workstations, verschiedenen Videokameras, Software, Großformatdrucker
- Optik- und Holografielabors, u.a. mit Photothermoplast-Holokameras
- Meßstände für Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI) für Verformungsmessungen und Vibrationsdiagnostik
- Aufbau zur digitalen Speckle Fotografie (DSP) für Verformungs- und Korrelationsmessungen
- 2 Klimakammern für kleine Meßobjekte
- Strömungslabor mit Experimentierwindkanal, LDA, Particle Image Velocimetry (PIV) und Teilchenholografie

5.5 Laufende Mittel für Sachausgaben

Aus dem Haushalt der Universität stehen der Arbeitsgruppe pro Jahr ca. 25.000,-- € zur Verfügung.

6. Wirtschaftliche Verwertung

entfällt

7. Erklärungen

Ein Antrag auf Finanzierung dieses Vorhabens wurde bei keiner anderen Stelle eingereicht. Wenn wir einen solchen Antrag stellen, werden wir die Deutsche Forschungsgemeinschaft unverzüglich benachrichtigen.

8. Unterschriften

(Dr. Gerd Gülker)

(Prof. Dr. Klaus Hirsch)

9 Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 2: Kostenplan
- Anlage 3: Balkenplan
- Anlage 4: Schriftenverzeichnis Dr. G. Gülker 1998 – 2003
- Anlage 5: Schriftenverzeichnis Prof. Dr. K. Hinsch 1998 – 2003

Anlage 2: Kostenplan

	1. Jahr
Personal - Wissenschaftler(in) - Student. Hilfskraft	 1 BAT IIa 492 Std.
Verbrauch - Opt. Komponenten - Feinmechan. Komponenten - Sonst., Literatur, Recherchen Summe	 500,- € 700,- € 500,- € 1.700,- €
Reisen - 1/4-jährl. Projektbesprechungen - Kongressreisen Summe	 250,- € 1.500,- € 1.500,- €

Anlage 3: Balkenplan Universität Oldenburg

	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
Optimierung ESPI-Meßsystem: Implementierung der zeitlichen Demodulation, Regelung der Offsetlage	←————→			
Softwareerweiterung zur Datenaufnahme und -auswertung	←————→		→	
Verbesserung der Möglichkeit zur Variation der Probertemperatur	←————→			
Messreihen zum Verformungsverhalten verschiedener Substrate aufgrund von Hydratation und Kristallisation verschiedener Salze in enger Absprache mit den Projektpartnern	←————→		→	
Messreihen zum Verformungsverhalten komplexerer mineralogischer Systeme, auch von Natursteinen, aufgrund von Hydratation und Kristallisation verschiedener Salze in enger Absprache mit den Projektpartnern		←————→		
Kontinuierliche Information an die Projektpartner, Ergebnisaustausch und –diskussion, Entwicklung von Modellvorstellungen zum Schadensmechanismus	←————→			

Anlage 4: Liste der Publikationen G. Gülker 1998-2003

G. Gülker, H. Helmers, K. Hinsch, P. Meinschmidt, K. Wolff: Berührungslose Ferndiagnostik von Mikroverformungen an Baudenkmälern. In: Jahresberichte Steinzerfall-Steinkonservierung Band 6 - 1994-1996 (Hrsg. R. Snethlage), Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 165-171 (1998).

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, P. Meinschmidt: Videoholographie - eine neue Methode zur berührungslosen Detektion und Kartierung loser Putzstellen an historischer Wandmalerei. In: Jahresberichte Steinzerfall-Steinkonservierung Band 6 - 1994-1996 (Hrsg. R. Snethlage), Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 281-289 (1998).

T. Fricke-Begemann, F. Beyrau, G. Gülker, K.D. Hinsch, P. Jäschke, K. Wolff: Analysis of microstructure changes and dynamic processes at rough surfaces using speckle correlation. In: Scattering and Surface Roughness II, Z. Gu, A.A. Maradudin (eds.), Proc. SPIE, Vol. 3426, 113-123 (1998).

Fricke-Begemann, T.; Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.: "Mural inspection by vibration measurements with TV holography", Proc. SPIE 'Vibration measurements by laser techniques: advances and applications' Vol. 3411 (1998) 431-438

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, K. Wolff: Corrosion monitoring with speckle correlation, Appl. Opt. Vol. 38, 5948-5955 (1999).

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, K. Wolff: Analyse dynamischer Vorgänge an technischen Oberflächen mit Speckle-Korrelation, Technisches Messen Vol. 66, 463-469 (1999).

Fricke-Begemann, T.; Joost, H.; Gülker, G.; Hinsch, K.D.: "Remote localization of debonded areas in historical murals by TV-holography", Proc. 6th International Conference on "Non-Destructive Testing and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage", ART'99 (1999) 247-255, Rom

Fricke-Begemann, T.; Joost, H.; Gülker, G.; Hinsch, K.D.: "Remote localization of debonded areas in historical murals by TV-holography", NDT NET - The e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonic (www.ndt.net) Vol.4, No.11 (1999)

Hinsch, K.D.; Fricke-Begemann, T.; Guelker, G.; Wolff, K.: "Speckle correlation for the analysis of random processes at rough surfaces", Optics and Lasers in Engineering 33.2 (2000) 87-105

Gülker, G.; Hinsch K. D.; Kraft, A.: "Deformation monitoring on ancient terracotta warriors by microscopic TV-holography", Opt. Las. Eng. 36.5, (2001) 501-513

Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Kraft, A.; Lasers in the conservation of artworks LACONA IV: "Deformation monitoring on polychrome chinese terracotta warriors using tv-holography", ICOMOS France, Paris, 2001, p. 211-214

Fricke-Begemann, T.; Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.: "Mural inspection by vibration measurements with TV holography", Optics and Lasers in Engineering 32 (2000) 537-548

Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Kraft, A.: "TV-holography on a microscopic scale: deformation monitoring on polychrome terracotta warriors", Proc. Int. Conf. Lausanne 'Interferometry in speckle light' (2000) 337-344, Springer, Berlin u.a.

Gülker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.; DAGA 2000: "Identifikation loser Putzschichten an historischen Wandmalereien durch akustische Anregung und laseroptische Detektion", Fortschritte der Akustik - DAGA 2000 (2000) 650-651, Deutsche Gesellschaft für Akustik, Oldenburg

Kraft, Arne; Gülker, G.; Hinsch, K. D.; El Jarad, A.; SPIE: "Low-coherence videoholography for sub-surface deformation measurements in layered objects", SPIE 'Laser Interferometry' Vol.4101 (2000) 89-96, SPIE Proceedings, Bellingham

Samimbeni, R. [Ed.]; Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.; Laser Techniques and Systems in Art Conservation, Munich, Germany, 18-19 June 2001: "Large-scale investigation of plaster detachments in historical murals by acoustic stimulation and video-holographic detection", Proc. SPIE 'Laser Techniques and Systems in Art Conservation' 4402 (2001) 184-193, SPIE

Simon, S.; Guelker, G.; Joost, H.; Frick, J.; Lasers in the conservation of artworks LACONA IV: "Non-destructive localization of detachments and fissures by video-holography and thermography in mural paintings - Two case studies: The ancient library of Lycee Charlemagne in Paris, and the 'Salon Carre' of the Nancy Town hall", ICOMOS France, Paris, 2001, p. 207-210

Hinsch, Klaus D.; Gülker, Gerd: "Lasers in art conservation", Physics World November 2001 (2001) 37-42

Kraft, Arne; Gülker, G.; Hinsch, K. D.: "Short-coherence ESPI in the investigation of ancient Terracotta warriors", Proc. Speckle Metrology 2003, Trondheim (in print).

El Jarad, A.; Gülker, G.; Hinsch, K. D.: "Microscopic EPSI: Using Fourier transform method for better fringe quality", Proc. Speckle Metrology 2003, Trondheim (in print).

Anlage 5: K.D. Hinsch, Liste der Publikationen 1998-2003

P. Meinlschmidt, K.D. Hinsch, R.S. Sirohi (eds.)
Electronic Speckle Pattern Interferometry.
SPIE Milestone Series, MS 132, Bellingham (1996).

G. Gülker, H. Helmers, K.D. Hinsch, P. Meinlschmidt, K. Wolff
Deformation mapping and surface inspection of historical monuments.
Optics and Lasers in Engineering, Vol. 24, 183-213 (1996).

H. Hinrichs, K.D. Hinsch
Multiple light sheet particle holography for 3-D flow velocimetry.
In: Developments in Laser Techniques and Applications in Fluid Mechanics, R.J. Adrian,
D.F.G. Durao, F. Durst, M.V. Heitor, M. Maeda, J. Whitelaw (eds.), Springer-Verlag, Berlin,
408-422 (1996).

H. Hinrichs, K. Hinsch, M. Böhmer, J. Kickstein
Light-in-Flight (LiF) Holografie zur Reduzierung des Rauschhintergrundes in der holografi-
schen Teilchendoppelbelichtungsfotografie (HPIV).
In: Lasermethoden in der Strömungsmeßtechnik (5), B. Lehmann et al.(Hrsg.), Shaker Verlag,
Aachen, 24.1-24.3 (1996).

A. Brozeit, K.D. Hinsch
Actively phase-compensated portable fiber-optic electronic speckle pattern interferometer
(ESPI) for long-term in-situ measurements.
In: Laser Interferometry VIII: Techniques and Analysis, M. Kujawinska, R.J. Pryputniewicz, M.
Takeda (eds.), Proc. SPIE, Vol. 2860, 144-149 (1996).

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, H. Joost, K. Wolff
Detection of plaster detachments in historical murals by TV-holography of wall vibrations.
Proc. 5th International Conference on Non-Destructive Testing, Microanalytical Methods and
Environmental Evaluation for Study and Conservation of Works of Art, Budapest, 287-293
(1996).

E. Gärtner, G. Gülker, H. Hinrichs, K. Hinsch, P. Meinlschmidt, F. Reichel, K. Wolff
All-optical correlation in speckle photography for deformation mapping in monuments.
In: Laser in Research and Engineering (LASER 95), W. Waidelich et al. (eds.), Springer-
Verlag, Berlin, 504-507 (1996).

K.D. Hinsch, H. Hinrichs
Three-dimensional particle velocimetry.
In: Three-Dimensional Velocity and Vorticity Measuring and Image Analysis Techniques, Th.
Dracos (ed.), Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 129-152 (1996).

H. Hinrichs, K.D. Hinsch, J. Kickstein, M. Böhmer
Light-in-flight holography for visualization and velocimetry in three-dimensional flows.
Optics Letters, Vol. 22, 828-830 (1997).

G. Gülker, K.D. Hinsch
Detection of surface microstructure changes by electronic speckle pattern interferometry.
Optics and Lasers in Engineering, Vol. 26, 165-178 (1997).

R.S. Sirohi, J. Burke, H. Helmers, K.D. Hinsch

Spatial phase-shifting for pure in-plane displacement and displacement derivatives measurement in electronic speckle pattern interferometry (ESPI).
Applied Optics, Vol. 36, 5787-5791 (1997).

K.D. Hinsch, H. Joost, P. Meinlschmidt, F. Schlüter
Modulation of laser diode parameters for special performance electronic speckle pattern interferometry (ESPI); Optics Communications, Vol. 144, 12-16 (1997).

M. Adams, K.D. Hinsch, F. Lange, K. Wolff
Polarization effects in speckle correlation metrology.
Optical Engineering, Vol. 36, 2225-2228 (1997).

M. Böhmer, H. Hinrichs, K.D. Hinsch, J. Kickstein, R. Netter, C. Surmann
Optical coherence tomography for the analysis of three-dimensional flow fields.
Optics and Photonics News, Vol 8, 19-20 (1997)

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, D. Kurscheid, K. Wolff
Speckle field decorrelation - a limiting factor in interferometric metrology
In: Fringe '97, W. Jüptner, W. Osten (eds.), Akademie Verlag, Berlin, 325-327 (1997).

R.S. Sirohi, J. Burke, T. Bothe, H. Helmers, K.D.Hinsch
New applications of Michelson stellar interferometer in speckle metrology using spatial phase-shifting
In: Fringe '97, W. Jüptner, W. Osten (eds.), Akademie Verlag, Berlin, 489-496 (1997).

R.S. Sirohi, K.D. Hinsch (eds.)
Holographic Interferometry.
SPIE Milestone Series, Vol. MS 144 (1997).

H. Hinrichs, K.D. Hinsch, J. Kickstein, M. Böhmer
Optimization of holographic particle image velocimetry (HPIV):
Numerical and experimental particle image field modelling.
Experiments in Fluids, Vol. 24, 333-339 (1998).

G. Gülker, H. Helmers, K. Hinsch, P. Meinlschmidt, K. Wolff
Berührungslose Ferndiagnostik von Mikroverformungen an Baudenkmälern.
In: Jahresberichte Steinerfall-Steinkonservierung Band 6 - 1994-1996 (Hrsg. R. Snethlage),
Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 165-171 (1998).

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, P. Meinlschmidt
Videoholographie - eine neue Methode zur berührungslosen Detektion und Kartierung loser
Putzstellen an historischer Wandmalerei.
In: Jahresberichte Steinerfall-Steinkonservierung Band 6 - 1994-1996 (Hrsg. R. Snethlage),
Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 281-289 (1998).

P. Meinlschmidt, T. Bothe, K.D. Hinsch, L. Mehlhorn
Nondestructive testing and evaluation of historical monuments using thermography and electronic speckle pattern interferometry (ESPI).
In: Nondestructive Evaluation of Materials and Composites II, S.R. Doctor, C.A. Lebowitz, G.Y. Baaklini (eds.), Proc. SPIE, Vol 3396, 28-36 (1998)

J. Burke, H. Helmers, K. Hinsch, C. Kunze, V. Wilkens
Messung schnell veränderlicher Verformungen mit räumlich phasenschiebender elektronischer
Specklemuster-Interferometrie (ESPI)

Z. Angew. Math. Mech., Vol 78, 321-322 (1998)

N. Andrés, M.P. Arroyo, M. Quintanilla, H. Hinrichs, K. Hinsch
Holographic interferometry as a velocimetry technique in gaseous flow.
IMechE Conference Transactions 1998-2, 3-9. Institution of Mechanical Engineers, London (1998).

H. Hinrichs, K.D. Hinsch, R. Netter, C. Surmann
Light-in-flight particle holography for velocimetry in a wind tunnel.
Proc. 8th Intl. Symp. on Flow Visualization, Sorrent, 19.1-19.5, 1998.

H. Hinrichs, K.D. Hinsch, R. Netter, C. Surmann
Dreidimensionale Strömungsfeldanalyse mit kurzkohärenter Teilchenholografie.
Laser und Optoelektronik, Vol. 30, 50-55 (1998).

T. Fricke-Begemann, F. Beyrau, G. Gülker, K.D. Hinsch, P. Jäschke, K. Wolff
Analysis of microstructure changes and dynamic processes at rough surfaces using speckle correlation.
In: Scattering and Surface Roughness II, Z. Gu, A.A. Maradudin (eds.), Proc. SPIE, Vol. 3426, 113-123 (1998).
T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, K. Wolff
Corrosion monitoring with speckle correlation
Applied Optics Vol. 38, 5948-5955 (1999).

T. Fricke-Begemann, G. Gülker, K.D. Hinsch, K. Wolff
Analyse dynamischer Vorgänge an technischen Oberflächen mit Speckle-Korrelation
Technisches Messen Vol. 66, 463-469 (1999).

K.D. Hinsch, S. Herrmann, H. Hinrichs, C. Surmann
Coherence concepts in holographic particle image velocimetry
in: Proc. Third International Workshop on PIV (PIV'99), R. Adrian, Y. Hassan, C. Meinhart (eds.), 343-349 (1999).

Hinsch, K.D.; Fricke-Begemann, T.; Guelker, G.; Wolff, K.: "Speckle correlation for the analysis of random processes at rough surfaces", Optics and Lasers in Engineering 33.2 (2000) 87-105

Herrmann, S. F.; Hinrichs, H.; Hinsch, K. D.; Surmann, C.: "Coherence concepts in holographic particle image velocimetry", Exp. in Fluids 29/S1 (2000) S108-S116

Ganesan, A. R.; Hinsch, K. D.: "Transition between rationally and irrationally related vibration modes in time-average holography", Opt. Commun. 174,5-6 (2000) 347-353

Fricke-Begemann, T.; Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.: "Mural inspection by vibration measurements with TV holography", Optics and Lasers in Engineering 32 (2000) 537-548

Adrian, R. J. [Ed.]; et al.; Lisbon Conference: "Eighth International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics - Proceedings on CD Rom - PIV 123b", Lissabon, 2000 / Herrmann, S. F.; Geiger, M.; Hinsch, K. D.; Peinke, J.: "Light-in-Flight holography with switched reference beams for cross-correlation in deep volume PIV

Trinite, M. [Ed.]; Kompenhans, J. [Ed.]; Stanislas, M. [Ed.]; EUROMECH 411 - European Mechanics Society: "Application of PIV to turbulence measurements - Development of 3C stereoscopic and holographic techniques", Rouen, France, 2000 / Geiger, M.; Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; Peinke, J.: "Analysis of free jet turbulence with cross-correlation Light-in-Flight holography (LiFH)

Carlomagna, G. M. [Ed.]; Grant, I. [Ed.]; Symposium on Flow Visualization: "Proceedings of the Millenium 9th International Symposium on Flow Visualization", Edinburgh, 2000 / Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; Geiger M.: "Deep-volume holographic particle image velocimetry / Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; Geiger, M.: "Electro-optic switching for cross-correlation processing in a light-in-flight HPIV system

Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Kraft, A.: "TV-holography on a microscopic scale: deformation monitoring on polychrome terracotta warriors", Proc. Int. Conf. Lausanne 'Interferometry in speckle light' (2000) 337-344, Springer, Berlin u.a.

Gülker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.; DAGA 2000: "Identifikation loser Putzschichten an historischen Wandmalereien durch akustische Anregung und laseroptische Detektion", Fortschritte der Akustik - DAGA 2000 (2000) 650-651, Deutsche Gesellschaft für Akustik, Oldenburg

Kraft, Arne; Gülker, G.; Hinsch, K. D.; El Jarad, A.; SPIE: "Low-coherence videoholography for sub-surface deformation measurements in layered objects", SPIE 'Laser Interferometry' Vol.4101 (2000) 89-96, SPIE Proceedings, Bellingham

Hinsch, Klaus D.; Gülker, Gerd: "Lasers in art conservation", Physics World November 2001 (2001) 37-42

Gülker, G.; Hinsch K. D.; Kraft, A.: "Deformation monitoring on ancient terracotta warriors by microscopic TV-holography", olen 36.5, (2001) 501-513

Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Kraft, A.; Lasers in the conservation of artworks LACONA IV: "Deformation monitoring on polychrome chinese terracotta warriors using tv-holography", ICOMOS France, Paris, 2001, p. 211-214

Samimbeni, R. [Ed.]; Guelker, G.; Hinsch, K.D.; Joost, H.; Laser Techniques and Systems in Art Conservation, Munich, Germany, 18-19 June 2001: "Large-scale investigation of plaster detachments in historical murals by acoustic stimulation and video-holographic detection", Proc. SPIE 'Laser Techniques and Systems in Art Conservation' 4402 (2001) 184-193, SPIE

Hinsch, KD; 4th Int. Symp. on PIV: "Holographic particle image velocimetry - a review", CD Rom Proc. DLR-Mitteilung 2001-03 (2001) paper no. 1001, DLR Göttingen, Göttingen

Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; 4th Int.Symp. on PIV: "Particle holography and the noise limit", CD Rom Proc. DLR Mitteilung 2001-03 (2001) paper no. 1021, DLR, Göttingen

Adrian, R. J. [Ed.]; Durao, D. F. G. [Ed.]; Heitor, M. V. [Ed.]; Maeda, M. [Ed.]; Tropea, C. [Ed.]; Whitelaw, J. H. [Ed.]; 10th Int. Symp. Lisbon Portugal: "Laser Techniques for Fluid Mechanics - Selected Papers", Springer, Berlin, 2002, 1. Ed. / Herrmann, S. F.; Geiger, M.; Hinsch, K. D.; Peinke, J.: "Light-in-flight holography with switched reference beams for cross-correlation in deep volume PIV", p. 3-23

Hinsch, KD; IoP: "Holographic particle image velocimetry - Review Article", Meas. Sci. Technol. 13.7 (2002) R61-R72

Fricke-Begemann, T.; Hinsch, K. D.: "The measurement of random processes at rough surfaces with digital speckle correlation", J. Opt. Soc. Am. A submitted (2003)

Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; EuroPIV2: "Advances in light-in-flight HPIV for the study of wind tunnel flows", CD Rom Proc. of EuroPIV2 Workshop on PIV (2003) Zaragoza

Herrmann, S. F.; Hinsch, K. D.; Int. Workshop on holographic metrology in fluid dynamics: "Light-in-flight holographic PIV (LiFH-PIV) for wind tunnel applications - Off-Site reconstruction of deep-volume real particle images", Proc. of Workshop on holographic metrology in fluid dynamics (2003) Loughborough, UK

Hinsch, K. D.; Herrmann, S. F.; Int. Workshop on holographic metrology in fluid dynamics: "Signal quality improvements by short-coherence holographic particle image velocimetry", Proc. of Workshop on holographic metrology in fluid dynamics (2003) Loughborough, UK

Kraft, Arne; Gülker, G.; Hinsch, K. D.: "Short-coherence ESPI in the investigation of ancient Terracotta warriors", Proc. Speckle Metrology 2003, Trondheim (in print).

El Jarad, A.; Gülker, G.; Hinsch, K. D.: "Microscopic EPSI: Using Fourier transform method for better fringe quality", Proc. Speckle Metrology 2003,