

Prof. Dr. rer. nat. Hanswalter Gieseke

geb. am 4. Januar 1922 in Hückeswagen (Nordrhein-Westfalen)

Aus:

Lebensläufe von eigener Hand

Biografisches Archiv Dortmunder
Universitäts-Professoren und
-Professorinnen

Hrsg. von Valentin Wehefritz
Folge 2

Dortmund 1993

S. 15 - 30

mit einem ergänzenden Aufsatz

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt!

Lebenslauf

- 4.1.1922 geboren in Hückeswagen, Bergisches Land (Nordrhein-Westfalen) als Sohn der Eheleute Walter Giesekeus und Emmy geb. Langenberg
- seit 1955 verheiratet mit Hanna geb. Hoppe (geboren am 5.6.1926 in Düsseldorf); 6 Kinder, 7 Enkelkinder (1993)
- 1928-36 Grund- und Realschule in Hückeswagen
- 1936-40 Röntgen-Realgymnasium in Remscheid-Lennep mit Abschluß Abitur
- 1940 Reichsarbeitsdienst
- 1940-41 Beginn des Studiums der Physik an der Universität Göttingen (2 Trimester, 1 Semester)
- 1941-45 Wehrdienst in einer Einheit der Luftnachrichtentruppe; während dieser Zeit:
- 1942-45 Wissenschaftliche Tätigkeit in Verbindung mit dem Fraunhofer-Institut für Sonnenforschung, zuletzt in Freiburg i.B. (Leitung: Prof. Dr. K. O. Kiepenheuer)
- 1945-50 Fortsetzung des Physik-Studiums an der Universität Göttingen
- 1946 Diplom-Vorexamen
- 1948 Diplom-Hauptexamen
- 1950 Promotion zum Dr. rer.nat.
(Betreuer: Prof. Dr. G. Ludwig und Prof. Dr. K.-H. Hellwege)
- 1950-70 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Bayer AG, Abteilung "Entwicklung und Betriebskontrolle", Werk Dormagen, und (seit 1953) "Ingenieur-Abteilung Angewandte Physik", Werk Leverkusen
- 1962-70 Lehrauftrag (nebenberuflich) für "Rheologie" an der Technischen Hochschule Darmstadt
- 1965 Habilitation für das Fachgebiet Mechanik an der Technischen Hochschule Darmstadt
- 1970-87 Ordentlicher Professor an der Universität Dortmund, Abteilung (Fachbereich) Chemietechnik, Lehrstuhl für Strömungsmechanik

- 1978 Gastprofessor an der University of Delaware, Newark, Del. (U.S.A.)
- 1970-76 Vorsitzender der Ständigen Senats-Kommission für Forschungsangelegenheiten und Mitglied des Senats der Universität Dortmund
- 1976 Sprecher des Hochschullehrerrats der Universität Dortmund
- 1980-81 Dekan der Abteilung Chemietechnik
- 1982-85 Vorsitzender des Konvents der Universität Dortmund
- 1987 Emeritierung (s. Seite 21)
- 1990 Goldmedaille der British Society of Rheology
- 1961-75 Schatzmeister der Deutschen Rheologen-Vereinigung e.V.
- 1975-80 Stellvertretender Vorsitzender der Deutschen Rheologischen Gesellschaft e.V.
- 1981-91 Vorsitzender der Deutschen Rheologischen Gesellschaft e.V.
- 1972-74 und seit 1989 Mitherausgeber der internationalen Zeitschrift "Rheologica Acta" (Steinkopff)
- 1975-88 Herausgeber der Zeitschrift "Rheologica Acta"
- seit 1976 Mitherausgeber der internationalen Zeitschrift "Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics" (Elsevier)
- 1944-93 Ungefähr 70 wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Thema: Theorie und Anwendung stochastischer Prozesse, theoretische Festkörperphysik, Polymerphysik und (in der Hauptsache) Rheologie; 5 Forschungsfilme über rheologische Phänomene. Wissenschaftliche Vorträge in der Bundesrepublik, der DDR, den Niederlanden, Belgien, Großbritannien, der Schweiz, Österreich, Italien, der Tschechoslowakei, Polen, Jugoslawien, Dänemark, Schweden, den U.S.A., Mexiko, Trinidad, Ägypten, Israel, Indien und Australien. Zahlreiche Vorträge sowie Schriften und Aufsätze zu Fragen des christlichen Glaubens, insbesondere zum Problemkreis "Glauben und Denken".

- 1970-76 Mitglied des Bruderrats der "Studentenmission in Deutschland" (SMD), einem Zweig der "International Fellowship of Evangelical Students" (IFES).

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

A. Allgemein

1. Universität Dortmund, Forschungsbericht 1971; Schriftenreihe der Universität Dortmund, Band 2 (Herausgeber, zusammen mit R. Schwarz).
2. Universität Dortmund, Forschungsbericht 1974; Schriftenreihe der Universität Dortmund, Band 7 (Herausgeber, zusammen mit K. Jauslin).

B. Theoretische Festkörperphysik

3. Das Linienspektrum der kristallinen Salze der Seltenen Erden.
 - I. Die Aufspaltung der Elektronen-Terme der Ionen der Seltenen Erden im Kristallfeld (Statisches Einatom-Modell), insbesondere beim Bromat-Enneahydrat.
 - II. Die Überlagerung von Schwingungstermen bei den Ionen der Seltenen Erden im Kristallfeld (Dynamisches Einatom-Modell).
 Ann. Phys. (6) 8 (1951), 350-72 und 373-90 (Gekürzte Fassung der Göttinger Dissertation).

C. Theorie der stochastischen Prozesse und Anwendung

4. Zur Untersuchung quasiperiodischer Funktionen durch Autokorrelation und Periodogramm. Gerlands Beitr. Geophys. 60 (1944), 210-21.
5. Morphologisch homogene Funktionen und ihre Erzeugung durch statistische Superposition von Elementfunktionen.
 - I. Allgemeine Theorie.
 - II. Einige Hinweise und Beispiele zur Anwendung der Theorie.
 ZAMM 30 (1950), 154-68 und 215-23 (Ungekürzte Fassung der Göttinger Diplomarbeit).

6. Die Anwendung der statistischen Prüfverfahren auf Reihen mit Erhaltungsneigung und kontinuierliche Gesamtheiten. Mitteilungsblatt f. Mathem. Statistik 5 (1953), 103-24.
7. Die statistische Analyse der Garn- und Fadenungleichmäßigkeit.
 - I. Grundlagen und praktische Durchführung.
 - II. Ideales Garn, reales Garn, Fäden.
 Faserforsch. Textiltechn. 10 (1959), 275-82, 338-45, 359-68 und 420-29.
8. Einige Ergänzungen zum Aufsatz "Die Darstellung der Ungleichmäßigkeit eines Faserverbands" von Prof. Dr.-Ing. W. Wegener und Dipl.-Ing. E.G. Hoth. Melliand Textilber. 41 (1960) 392-94.

D. Physik der Hochpolymeren

9. Die Viskosität verdünnter Lösungen von Fadenmolekeln, Kolloid-Z. 138 (1954), 38-40.
10. Ein automatisches Trübungstitrationsphotometer. Kolloid-Z. 158 (1958), 35-39.
11. Turbidimetric Titration. In: M.J.R. Cantow (ed.), Polymer Fractionation, 191-249, New York (1967).
(Zusammenfassende Darstellung der Trübungstitrationmethode unter Einschluß zahlreicher unveröffentlichter Untersuchungen).

E. Rheologie

12 -

61. Ein Überblick über 50 eigene Veröffentlichungen und 76 Veröffentlichungen meiner wissenschaftlichen Mitarbeiter am Lehrstuhl für Strömungsmechanik, ist zu finden in: H.H. Winter, Note from the Editor (Theoretical and Experimental Work of H.W. Giesekeus). Rheol. Acta 28 (1989) 437-448.

Darüber hinaus:

62. Rheologische Stoffgleichungen von Polymerflüssigkeiten. THD-Schriftenreihe Wissenschaft und Technik 28 (1986) 95-112.
(Vortrag auf dem Ernst-Becker-Gedächtnis-Kolloquium, TH Darmstadt, FB Mechanik, 3.-4. 10. 1985).

63. A new eccentric-cylinder rheometer.
Rheol. Acta 29 (1990) 16-22
(zusammen mit M. Abdel-Wahab und M. Zidan).
64. Carried along on a pathline in modelling constitutive equations of viscoelastic fluids.
Rheol. Acta 29 (1990) 500-511.
(Festvorlesung aus Anlaß der Verleihung der Goldmedaille der British Society of Rheology auf der Dritten Europäischen Rheologie-Konferenz, Edinburgh, 3.-7. 9. 1990).
65. Phänomenologische Rheologie - eine Einführung.
Ca. 650 Seiten (in Vorbereitung),
Springer Berlin (voraussichtlich 1994).
- F. Wissenschaft und christlicher Glaube**
66. Erkenntnis des Wirklichen - der Weg des Blaise Pascal.
61 Seiten,
R. Brockhaus Wuppertal (1954).
67. Die Zukunftsschau der Utopien und der Geschichtsphilosophie.
Porta 15, Sommer 1972, 23-34 (Herausgeber: Zentralstelle der Studentenmission in Deutschland (SMD) und der Akademikergemeinschaft in Deutschland (AGD), Marburg/Lahn).
68. Kann die Wissenschaft den Glauben ersetzen?
15 Seiten, R. Brockhaus Wuppertal (1976).
69. Descartes und Pascal: Alternativen des Denkens an der Schwelle einer neuen Zeit.
Porta 30, Frühjahr 1982. 12-23 (Herausgeber: s. unter 67).
70. Von Pascal angesprochen werden - Zugänge eines Naturwissenschaftlers zu Blaise Pascal.
In: Blaise Pascal - Religion und Rationalität. Herrenalber Hefte 1987, 3-23 (Herausgeber: Evangelische Akademie Baden).

Auszüge aus der Schlußansprache beim Festkolloquium aus Anlaß der Emeritierung am 6. April 1987 im Fachbereich Chemietechnik der Universität Dortmund

Rückblick und Dank -
einige Schluß- und Randbemerkungen

Wenn ich zum Schluß dieses Festkolloquiums aus Anlaß meiner Emeritierung auch selbst noch das Wort ergreife, wo doch schon so viel - wenn nicht gar zu viel - über mich gesagt worden ist, so mögen Sie verstehen, daß mich dabei etwas sonderbare Gefühle bewegen. Nicht, daß ich mir wie einer vorkäme, der seine eigene Leichenrede halten sollte - dazu fühle ich mich noch zu lebendig. Ich betrachte auch weder meine wissenschaftlichen Aktivitäten im allgemeinen noch meine Tätigkeit an dieser Hochschule als abgeschlossen. Dennoch bezeichnet eine solche "Entpflichtung" nach mehr als 40-jähriger "Dienstpflicht" einen tiefgreifenden Einschnitt in meinem Leben, und Sie mögen es mir deshalb gestatten, an dieser Stelle einen kurzen persönlichen Rückblick zu tun, d.h. einiger Menschen und Umstände zu gedenken, die für die Formung meines Lebens im allgemeinen und meine wissenschaftliche Prägung im besonderen von wesentlicher Bedeutung gewesen sind.

Ich denke da zuerst an meine Eltern. Beide stammten aus kleinstädtischem bzw. ländlichem Milieu: mein Vater ist als Sohn eines Bandwikers und meine Mutter als die Älteste von 10 Geschwistern auf einem Bauernhof aufgewachsen, und beide hatten nur Volksschulbildung genossen - meine Mutter dazu in einer einklassigen Landschule. Trotzdem ermöglichten sie mir eine höhere Schulbildung: zuerst auf der Realschule, später auf dem Gymnasium. Das bedeutete für sie eine erhebliche finanzielle Belastung, denn sie lebten damals in sehr bescheidenen Verhältnissen, und nur ihre eiserne Sparsamkeit und Bedürfnislosigkeit setzte sie instand, das zu jener Zeit erhebliche Schulgeld, die Kosten für Schulbücher usw. aufzubringen. Auch hatten sie Sinn für Musik und ließen mich Violinunterricht nehmen - ebenso meine 3 Jahre jüngere Schwester Klavierunterricht - was sowohl für das seinerzeitige Zusammenleben in der Familie, darüber hinaus aber auch für mein ganzes ferneres Leben bedeutsam geworden ist. Auch wenn ich keine hervorragenden virtuoson Fähigkeiten erworben habe, so ist doch die Geige bis heute ein Ausdrucksmittel für mich geblieben, mit der ich mich in einer Weise mitzuteilen vermag, wie es mit Worten eben nun einmal nicht möglich ist.

Meine Eltern hatten keinerlei innere Beziehung zu den Naturwissenschaften. Insbesondere wußten sie von Physik - man sagte dafür damals auch "Naturlehre" - höchstens, was darüber in einem sog. "Realienbuch", etwa Jahrgang 1900, zu finden war.

Dennoch gaben sie, nachdem ich in der Schule eine diesbezügliche Begabung hatte erkennen lassen und sie sich überzeugt hatten, daß es sich dabei nicht um eine "brotlose Kunst" handelte, ihre Zustimmung dazu, daß ich das Physikstudium wählte.

Über meine Schulzeit will ich kurz hinweggehen. Ihr Beginn fiel in die Wirtschaftskrise der späten 20er und frühen 30er Jahre mit ihren politischen Kämpfen, die bis auf den Schulhof durchgriffen, wo sich Kinder von engagierten Nazis und Kommunisten gegenseitig "verklöppten" - und ab der 5. Klasse in die Nazi-Zeit mit all dem Wirrwarr auch bezüglich Lehrplanänderungen und Unterrichtsgestaltung, mit dem samstäglichen politischen Sonderrunterricht für diejenigen, die nicht Mitglieder der NS-Jugendorganisationen waren. Dazu gehörten nämlich meine Schwester und ich, weil mein Vater von Anfang an ein strikter Gegner der NS-Partei war. Nichtsdestoweniger habe ich auch aus dieser Zeit manche Lehrer in dankbarer Erinnerung, die dazu mitgeholfen haben, mein Interesse an Mathematik, Physik und Chemie zu wecken, ebenso aber auch an deutscher Literatur, Geschichte, Musik und Kunst, und die mir soviel deutsche Grammatik und Stilkunde beigebracht haben, daß ich noch heute davon zehre - gerade auch bei der Abfassung eigener Texte und der Korrektur von Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten (meine Studenten wissen etwas davon!) - und auch soviel Fremdsprachenkenntnis, vor allem im Englischen, daß ich mir damit später zurechthelfen konnte.

Mein Abitur fiel schon in die Kriegszeit - kurz vor den Beginn des Norwegen-Feldzugs. Als Angehöriger des Jahrgangs 1922 hatte ich aber die Möglichkeit, nach Ableistung einer 5-monatigen Arbeitsdienstzeit noch ein Jahr lang zu studieren, ehe ich zum Wehrdienst eingezogen wurde. Dieses Jahr an der Universität Göttingen war schon ein ganz besonderes Erlebnis: die erste Begegnung mit der Welt der Wissenschaft, dazu an einem Ort, in dem trotz der Vertreibung bzw. des Wegganges mancher berühmter Gelehrter noch die große Tradition der 20er Jahre nachwirkte. Faszinierend war die erste Berührung mit dem durch Relativitäts- und Quantentheorie geprägten Weltbild der modernen Physik, etwa aus den Büchern von Sir A. Eddington, W. Heisenberg und P. Jordan - die Bestrebungen einer "Deutschen Physik" im Sinne etwa von Lenard und Stark wurden allgemein nur belächelt.

In dieser Zeit hat von den akademischen Lehrern insbesondere Georg Joos einen besonderen Eindruck bei mir hinterlassen. Dieser las damals eine 2-semesterige Vorlesung "Höhere Mathematik für Physiker", und darin habe ich nicht nur die wichtigsten mathematischen Methoden kennengelernt, sondern auch gelernt, wie man Mathematik als Werkzeug des Physikers benutzt, m.a.W., ich habe bei ihm den operationalen Charakter der Mathematik kennengelernt. Natürlich war auch Robert Pohls weitberühmter Experimental-Physik-Zirkus eindrucksvoll - erregender aber doch noch eine Einführung in die Stellarastronomie von Prof. Otto Heckmann, wo in der Vorlesung zuletzt noch ganze zwei Hörer zugegen

waren, und in Verbindung damit ein Blick durch das "große" Göttinger Teleskop u.a. auf den Orionnebel oder auf die Jupiterscheibe, wo gerade eine Mondfinsternis ablief. Im Oktober 1941 wurde ich dann zur Luftnachrichtentruppe eingezogen, aufgrund meiner physikalischen Vorkenntnisse aber nach einem halben Jahr zu einer Spezialeinheit abkommandiert, die sich mit Funkmeßproblemen befaßte. Dazu gehörte auch eine kleine Gruppe, die Sonnenbeobachtung betrieb - genauer, welche die Zusammenhänge zwischen solaren und terrestrischen Phänomenen (insbesondere im Hinblick auf Funkstörungen) erforschte. Dieser Gruppe wurde ich zugeteilt und blieb dabei bis über das Kriegsende hinaus - an verschiedenen Standorten: Syrakus, Kanzelhöhe (Kärnten), Göttingen und Freiburg bzw. Schauinsland. Dem Leiter dieser Gruppe, dem seinerzeit noch jungen Privatdozenten Dr. Karl-Otto Kiepenheuer, damals gerade mit der Planung und dem Aufbau des Fraunhofer-Instituts für Sonnenforschung betraut, das heute seinen Namen trägt, habe ich wiederum Entscheidendes für meine wissenschaftliche Entwicklung zu verdanken. Er nahm uns junge Studenten wirklich für voll, ließ uns an wissenschaftlichen Themen arbeiten und dabei eine Menge Freiheit und Eigeninitiative. So entstand damals meine erste Veröffentlichung über meine "Jugendliebe", die Analyse stochastischer Prozesse, die ich später zu meiner Diplomarbeit ausbauen konnte.

Zugleich schloß Kiepenheuer uns in der aufs Ende zustrebenden Kriegszeit zu einer engen Gemeinschaft zusammen, die zwar keineswegs auf den "Endsieg" eingeschworen war, wohl aber darauf, soviel wie immer möglich für den Frieden zu retten. Das hat ihn zwar kurz vor Kriegsende noch in ernsthafte persönliche Gefahr gebracht, sich aber danach umsomehr ausgezahlt, als sein Institut sogleich nach der Besetzung Freiburgs durch französische Truppen unter alliierten Schutz gestellt wurde und auch seine Mitarbeiter davon entsprechend profitierten. So daß ich z.B. an der Kriegsgefangenschaft vorbeikam und schon wenige Monate nach Kriegsende mein Studium in Göttingen wieder aufnehmen konnte.

Dieser zweite Studienabschnitt, der 1950 mit der Promotion über ein Thema der Festkörperphysik abschloß, war zwar auf der einen Seite durch vielfältigen Mangel - an Lebensmitteln, Brennmaterial und Raum - gekennzeichnet, auf der anderen Seite aber durch ein unglaubliches Angebot an höchstqualifizierter Lehre. Vor allem aus den östlicher gelegenen Gebieten hatte nämlich eine große Anzahl von Wissenschaftlern in dem praktisch unzerstörten Göttingen Zuflucht gefunden. Über Jahre hin beherbergte es allein 5 Nobelpreisträger: Max Planck, Max von Laue, Otto Hahn, Werner Heisenberg und den allerdings schon früher dort ansässig gewesenen Chemiker Adolf Windaus, den Entdecker des Vitamins D, der sich in der Nazizeit bei vielen Achtung dadurch erworben hatte, daß er nie mit "Heil Hitler" grüßte, sondern - auch vor Uniformierten - stets nur den Hut zog. Da gab es neben den regulären Vorlesungen die Vorträge im Physikalischen Kollo-

quium, wo etwa Heisenberg über die deutsche Atomforschung im Kriege berichtete oder v. Weizsäcker und Heisenberg über die statistische Turbulenztheorie vortrugen, die sie unabhängig von Kolmogoroff und anderen entwickelt hatten. Da hielt C.Fr.v. Weizsäcker seine berühmt gewordenen Vorlesungen über die "Geschichte der Natur" oder den "Begrifflichen Aufbau der Theoretischen Physik". Ich möchte aber aus dieser Zeit noch drei Wissenschaftler nennen, denen ich besonders viel verdanke. Da war zuerst der Ordinarius für Theoretische Physik Richard Becker, der - aufs höchste allergisch gegen jede Art von "gelehrtem Geschwätz" - den größten Wert auf ein gründliches Verständnis des vermittelten Stoffes - ganz besonders auch in seinen Seminaren - legte. Ich habe ihn diesbezüglich stets als Vorbild betrachtet und würde es mir zur Ehre anrechnen, wenn man mir bestätigen könnte, daß ich da wirklich etwas von ihm gelernt habe. Als zweites nenne ich meinen eigentlichen Doktorvater, den damals gerade habilitierten Dr. Günther Ludwig, bei dem die Eleganz der Methode noch mehr zu ihrem Recht kam und der mir, als seinem ersten Doktoranden, wertvolle Starthilfe gegeben hat. Allerdings erhielt er während dieser Zeit einen Ruf an die Freie Universität Berlin, wohin ich ihm zu diesem Zeitpunkt nicht folgen konnte, und da trat vor allem der damalige Dozent Dr. Karl-Heinz Hellwege - der mein Thema auch angeregt hatte - als Betreuer und Gesprächspartner an seine Stelle, ein Experimentalphysiker, aber mit einem ausgeprägten Sinn für Theorie - die er in einer Weise auffaßte, welche der von R. Becker verwandt war. Schon früher hatte er, ohne es zu wissen, Schicksal gespielt, als er meine zufällig in seiner Hand befindliche Wehrmacht-Adresse an Dr. Kiepenheuer weitergeben und dadurch indirekt meine Abkommandierung zur Sonnenforschung bewirkt hatte. Und er sollte es einige Jahre später noch ein drittes Mal tun, als er die Initiative ergriff, mir einen Lehrauftrag an der Technischen Hochschule Darmstadt zu verschaffen.

Nach meiner Promotion fand ich im Juli 1950 eine Stelle in der chemischen Industrie - auf die Umstände, die dazu führten, will ich nicht näher eingehen: An sich hätte eine mir zugesagte Assistentenstelle an der Freien Universität Berlin meinen Neigungen besser entsprochen, aber diese Möglichkeit zerschlug sich ziemlich kurzfristig. So landete ich dann in der Abteilung "Angewandte Physik" der Farbenfabriken Bayer, und ich blieb dort 20 Jahre, zuerst 3 Jahre im Werk Dormagen und dann 17 Jahre im Hauptwerk Leverkusen. Zuerst beschäftigte ich mich mit der statistischen Analyse der Ungleichmäßigkeit von Kunstfasern, deren Produktion nach einem neuen Verfahren kurz vorher angelaufen war, wobei sich gerade diejenigen Methoden als geeignet erwiesen, die ich einige Jahre zuvor bei der Analyse der zeitlichen Schwankungen der Elektronendichte in der Ionosphäre angewandt hatte. Mein Hauptarbeitsgebiet aber, mit dem ich mich viele Jahre befaßte, war die Entwicklung und Anwendung von Methoden zu einer schnellen Erfassung der Molmassenverteilung, bzw. allgemeiner, der Polydispersität von Polymeren, insbesondere der sog. Trübungstitrationsmethode. Hier ereignete es sich nun, daß ich meine "Wissenschaftliche Lebensgefährtin", die Rheologie,

kennenlernte, von deren Existenz ich während meines Studiums nie etwas erfahren hatte. Es war mein damaliger Kollege Dr. Juri Pawlowski, mit dem ich das Büro teilte, der sich mit der Anwendung dieser Disziplin auf technische Fließvorgänge bei der Verarbeitung von Polymeren befaßte, aber auch Grundlagenfragen insbesondere bezüglich der mit dem Fließen solcher Stoffe verbundenen thermodynamischen Vorgänge zu lösen versuchte. Durch ihn wurde ich unentrinnbar infiziert, denn ich bemerkte, daß das in Verbindung mit der Quantenmechanik angeeignete methodische Rüstzeug - Symmetrie- und Invarianzgesichtspunkte, Operator Darstellungen und Störungsrechnung - hervorragend zur Behandlung von Problemen der Rheologie, genauer: der Ableitung von rheologischen Stoffgesetzen, geeignet war. Freilich betrieb ich die Forschung auf diesem Gebiet jahrelang nur als Hobby neben meinen eigentlichen Aufgaben, wobei ich von Anfang an bestrebt war, phänomenologische und strukturelle Gesichtspunkte in möglichst enger Beziehung herauszuarbeiten. Auf die Gegenstände dieser Untersuchungen möchte ich nicht eingehen, sondern nur noch bemerken, daß nach einigen Jahren zu den erst rein theoretischen Arbeiten auch experimentelle hinzukamen. Der Anlaß dazu war, daß einige leitende Ingenieure der Firma Honorarprofessuren im Fach Verfahrenstechnik an verschiedenen Hochschulen innehatten und als solche auch Diplomanden betreuten, d.h. in der Praxis, durch Mitarbeiter betreuen ließen. Als nun einmal ein Überangebot an solchen Diplomanden herrschte, wurde auch mir angeboten, einen solchen zu übernehmen. Als Thema wählte ich die Umströmung einer rotierenden Kugel und eines rotierenden Kegels in einer nichtnewtonschen - genauer: einer ausgeprägt viskoelastischen - Flüssigkeit, nämlich einer wäßrigen Polyacrylamidlösung, von der gerade einige Fässer voll her- umstanden. Der zwar schon vorher von mir theoretisch berechnete Sekundärströmungseffekt übertraf in seiner Intensität alle Erwartungen weit. Er ließ sich in einem Farbfilm festhalten, der auf dem 4. Internationalen Rheologie-Kongreß 1963 in Providence, R.I., USA, gezeigt werden konnte und erhebliche Beachtung fand. Solche Effekte waren nämlich schon länger aus theoretischen Erwägungen heraus erwartet worden, aber niemand hatte sie zuvor in einer vergleichbaren Deutlichkeit experimentell realisieren können.

In ungefähr diese Zeit fällt der Beginn meiner nebenberuflichen Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule Darmstadt. Anläßlich eines Kolloquiumsvortrags im dortigen "Deutschen Kunststoff-Institut" kam dessen Leiter, der schon früher in Verbindung mit meiner Doktorarbeit erwähnte Prof. K.-H. Hellwege zu der Überzeugung, daß man bei der Erforschung der physikalisch-technischen Eigenschaften von Kunststoffen doch eigentlich auch etwas von Rheologie verstehen müßte und deshalb seinen Mitarbeitern die Gelegenheit gegeben werden sollte, sich ein solches Wissen anzueignen. Er bemühte sich um einen Lehrauftrag "Einführung in die Rheologie" für mich und erwirkte hierzu auch das Einverständnis meiner Firma. Seit dem Wintersemester 1962/63

bis zum Beginn meiner hauptamtlichen Lehrtätigkeit an dieser Universität habe ich dann in Darmstadt 4 mal einen je viersemestrigen Vorlesungszyklus über Rheologie gelesen und anschließend in der Regel noch mit Mitarbeitern des Kunststoff-Instituts über ihre Probleme diskutiert. Zu den Hörern meiner Vorlesung zählten allerdings nicht nur Mitarbeiter dieses Instituts, sondern auch eine Anzahl von Doktoranden und Assistenten der dortigen Mechanik-Lehrstühle sowie verschiedene Mitarbeiter aus den umliegenden Firmen der Chemischen Industrie, insbesondere der BASF, Ludwigshafen.

Vor allem am Lehrstuhl des kurz vorher nach dort berufenen Prof. Ernst Becker bestand ein reges Interesse an der Rheologie, herrührend von der Beschäftigung mit Gasen, die Relaxation zeigten, deren Verhalten also von der Deformationsvorgeschichte abhängig war. Und es war auch Prof. Becker, der mich schon bei unserem ersten persönlichen Zusammentreffen dazu animierte, mich dort zu habilitieren. Dies erleichterte die Verwirklichung meines insgeheim schon länger gehegten Wunsches erheblich, und so erhielt ich im Frühjahr 1965 die *venia legendi* für das Fach Mechanik.

Ich muß es mir versagen, auf weitere Begegnungen mit älteren und jüngeren Wissenschaftlern während dieser Zeit einzugehen, die meine eigene Arbeit befruchtet haben, so sehr es an sich reizen würde, auf die verschiedenen Gelegenheiten des Zusammentreffens etwa mit dem so ideenreichen und auch menschlich so liebenswerten Markus Reiner, einem der Mitbegründer der Rheologie, zu sprechen zu kommen - oder mit Karl Weissenberg, dessen Name in der Röntgenspektroskopie ebenso bekannt ist wie in der Rheologie - oder mit dem so zurückhaltend bescheidenen James G. Oldroyd, der mit seiner Arbeit von 1950 das Tor zur modernen nicht-linearen Rheologie aufgestoßen hatte - oder mit dem so unverwechselbar originellen Robert B. Bird, der nicht nur Autor oder Koautor von verschiedenen wissenschaftlichen Bestsellern ist, sondern gerade auch meine früheren Ergebnisse und Ansätze zur Polymerrheologie aufgenommen und teilweise weiterentwickelt hat - und mit noch vielen anderen.

Erwähnen muß ich aber noch zwei Namen von Vorgesetzten bei den Farbenfabriken Bayer, die für meine wissenschaftliche Entwicklung mitentscheidend waren. Da ist zuerst mein direkter Vorgesetzter, Dr. W. Meskat. Er hatte als einer der ersten Industriephysiker in Deutschland schon vor dem Zweiten Weltkrieg die Bedeutung der Rheologie für die Kunststoff- und Kunstfaserverarbeitung erkannt und sie entsprechend propagiert und gefördert. Daher fanden meine rheologischen Aktivitäten, wenn auch nicht unmittelbar von ihm angeregt, von Anfang an sein Interesse und seine Unterstützung, insbesondere ließ er mir viel Freiheit, neben meiner eigentlichen Tätigkeit dafür Zeit und Mittel zu verwenden. An zweiter Stelle ist der Direktor der Abteilung "Angewandte Physik", Dr. Karl Sigwart, zu nennen. Von Haus aus der Rheologie ferner stehend, benötigte es eine etwas

längere Zeit, ehe er von ihrer Praxisrelevanz überzeugt werden konnte. Als dies aber geschehen war, setzte er sich umso nachdrücklicher für sie ein. Vor allem aber hatte er Sinn für wissenschaftliche Arbeit, auch wenn sie nicht unmittelbar der Lösung von Tagesproblemen diente und unterstützte deren Präsentation durch Vorträge auf wissenschaftlichen Tagungen. So konnte ich während dieser 20 Jahre fast 40 teils recht umfangreiche Arbeiten veröffentlichen. Ich erwähne dies mit besonderer Dankbarkeit, denn eine solche Einstellung ist, wie manche von Ihnen wissen dürften, keineswegs die Regel sondern eher die Ausnahme - heute vielleicht noch mehr als früher. Ich kann mir an dieser Stelle die Bemerkung nicht verhehlen, daß ich dies nicht nur aus menschlichen Erwägungen, sondern auch um des Fortschritts der Wissenschaften willen für sehr bedauerlich halte und daß dies nach meiner Überzeugung, auf längere Sicht gesehen, auch der Industrie selbst nur Schaden zufügen wird.

Im Oktober 1970 wechselte ich dann zur Universität Dortmund. Die Entscheidung dazu war nicht leicht gefallen, bedeutet sie doch die Lösung oder zumindest Lockerung vieler persönlicher Bindungen, wovon insbesondere meine inzwischen recht zahlreich gewordene Familie betroffen war. Den Ausschlag gab aber die Aussicht, bei der Weiterführung meiner wissenschaftlichen Arbeit nicht länger auf das Wohlwollen weisungsberechtigter Vorgesetzter angewiesen zu sein, sondern in dem vorgegebenen Rahmen Gegenstände und Ziele der Forschung frei bestimmen zu dürfen, sowie die Möglichkeit, in stärkerem Maße die gewonnene Erfahrung auch dem wissenschaftlichen Nachwuchs zugutekommen zu lassen. Ebenso reizte mich die Lehre, die mir schon in der Darmstädter Zeit Freude bereitet hatte, wobei es allerdings dort unbefriedigend gewesen war, daß ich nur in äußerst geringem Maße am Leben der Hochschule hatte teilnehmen können. Gewiß, es galt hier in Dortmund, vom "absoluten Nullpunkt" an alles aufzubauen - andererseits hatte das aber auch den Vorteil, daß man bei der Planung nicht auf Vorhandenes, das einem eigentlich nicht so recht ins Konzept paßte, Rücksicht nehmen mußte.

Auf die in den verflassenen 16 Jahren hier bearbeiteten Forschungsgegenstände will ich nicht im einzelnen eingehen. Einige Arbeiten hatte ich schon bei Bayer begonnen, aber nicht mit der gebotenen Gründlichkeit zu Ende führen können, das meiste aber kam erst im Lauf der Jahre hier hinzu. Ein Thema möchte ich aber doch hervorheben, nämlich die Untersuchung des Phänomens der Widerstandsverminderung (drag reduction) in turbulenten Strömungen durch geringe Zusätze geeigneter Additive, insbesondere von sehr hochmolekularen Polymeren. Es war Prof. A. Metzner von der University of Delaware (Newark, Del.), den ich zwar bereits seit 1958 kannte und auch schon 1963 in seiner Universität besucht hatte, der mich aber bei einem Besuch in Leverkusen im Jahr 1965 erstmalig auf diesen höchst verwunderlichen Effekt hinwies und mein Interesse daran weckte. Die Befassung mit diesem Gegenstand - konkreter: mit der Untersuchung der Turbulenzstruktur und ihrer durch die betreffenden Zusätze

bewirkte Veränderung - bedeutete in gewissem Sinne ja auch ein "Wiederanbündeln" mit meiner "ersten Liebe", d.h. der Analyse stochastischer Prozesse, wenngleich die turbulenten Strömungen als in Raum und Zeit verlaufende Vorgänge ungleich kompliziertere Realisierungen davon darstellten als die damals betrachteten Zeitreihen.

Der Auf- und Ausbau einer schwerpunktmäßig experimentell ausgerichteten Forschungsgruppe, in Verbindung mit Lehre und akademischen Selbstverwaltungsaufgaben - dazu kam 1975 noch die Übernahme der Schriftleitung der "Rheologica Acta", eine überaus reizvolle, aber doch auch sehr zeitaufwendige und manchmal recht mühevoll Aufgabe - ließen mich in den ersten 10 Jahren hier nicht dazu kommen, in nennenswertem Umfang eigene theoretische Forschung zu betreiben. Umso befriedigender war es daher, daß ich zu Beginn dieses Jahrzehnts einige der abgerissenen Fäden wieder neu knüpfen konnte. Insbesondere ließ sich ein bereits 1965 in meinem Habilitationsvortrag vorgestelltes und kurz darauf auch veröffentlichtes Konzept zur Formulierung von Stoffgesetzen konzentrierter Polymerflüssigkeiten, das über 15 Jahre hinweg völlig unbeachtet geblieben war, zu einer Theorie ausbauen, die inzwischen auf internationaler Ebene einige Aufmerksamkeit gefunden hat.

Lassen Sie mich eine kurze Bilanz der vergangenen 16 Jahre an dieser Universität und in diesem Fachbereich Chemietechnik ziehen: Gewiß, da sind nicht "alle Blütenträume gereift", nicht alle Pläne haben sich realisieren lassen, manche Mühe hat wenig eingebracht, aber wo anders wäre das nicht auch so?

Dies ist nicht das Dominierende, sondern das Positive wiegt weit schwerer: Das zu keiner Zeit gestörte Verhältnis zu irgendeinem meiner Kollegen, das gemeinsame Planen, das sich auch in der rationellen Organisation des Fachbereichs ihrem Gemeinsamen Werkstätten und Labors niedergeschlagen hat, haben es mir - der ich nun einmal "Kantönligeischt" bzw. die "Klein-aber-mein-Ideologie" nicht ausstehen kann - von Anfang an leicht gemacht, mich in die "Chemietechnik" hinein zu integrieren. Noch weniger Mühe hat es mir gemacht, im eigenen Lehrstuhlbereich ein angenehmes Betriebsklima aufrecht zu erhalten, was sicher nicht nur mein Verdienst ist - so sehr mir dies auch als Aufgabe am Herzen gelegen hat - sondern wofür ich mehr oder weniger allen meinen Mitarbeitern zu danken habe. Sogar mit den vielbeargwöhnten Studenten - und 1970 war die "wilde Zeit" der Studentenunruhen noch nicht lange vorüber - habe ich selbst nie ernsthafte Probleme gehabt.

Infolge der ursprünglich sehr großzügigen Planung des Fachbereichs Chemietechnik war es trotz immer einschneidender werdenden und manchmal schon Verlegenheit bereitenden Sparmaßnahmen doch mit den bis heute verbliebenen Personal- und Sachmitteln möglich, die vorgesehenen experimentellen Arbeiten in dem notwendigen Rahmen zu betreiben. Allerdings hätte dies nicht durchgeführt werden können, wenn ich dabei allein auf Haushaltsmittel angewiesen gewesen wäre. Es war vielmehr die groß-

zügige Unterstützung vor allem der Deutschen Forschungsgemeinschaft und (in geringerem Umfang auch) des Ministers für Wissenschaft und Forschung, mittels derer die meisten Forschungsprojekte realisiert werden konnten. So ließen sich durchweg eine wesentlich größere Zahl von Mitarbeitern aus solchen Drittmitteln finanzieren, als sie mir aus Haushaltsmitteln zur Verfügung standen. Daß diese Mitarbeiter hier nicht nur in einem vorgegebenen Aufgabenrahmen tätig gewesen sind, sondern die meisten von ihnen darüber hinaus eigene Ideen und Initiativen entwickelt haben, die einigen inzwischen selbst internationale Beachtung und Anerkennung eingebracht hat, ist mir eine besondere Freude, mag aber auch als ein Zeichen dafür gelten, daß die Förderung unserer wissenschaftlichen Arbeit hier nicht fruchtlos geblieben ist.

Ich kann diesen Rückblick, betreffend die besonderen Umstände und die Menschen, die mein Leben wesentlich geprägt haben, aber nicht beenden, ohne meine Familie darin einzuschließen - und insbesondere meine Frau, mit der ich inzwischen 32 Jahre verheiratet bin.

Sicher hätte ich nicht soviel Kraft für die wissenschaftliche Arbeit einsetzen können, wenn sie mich nicht weitgehend von anderen Belastungen, eingeschlossen solchen psychischer Art, freigehalten hätte. Mit jemandem verheiratet zu sein, der eine "Geliebte" hat - auch wenn es sich dabei nicht um eine andere Frau, sondern um die wissenschaftliche Forschung handelt - verlangt Opfer, und die hat meine Frau in dem erforderlichen Maße bereitwillig gebracht. Dies ist umso nachdrücklicher hervorzuheben, als uns immerhin 6 Kinder geschenkt worden sind, die es zu tragen, aufzuziehen und zu versorgen galt, noch dazu zeitweilig unter besonders beschwerlichen Umständen. Auch diese Kinder haben zwar nicht letztlich die Zuwendung des Vaters entbehren müssen, wohl aber hat nur eine recht eingeschränkte Zeit zur Verfügung gestanden, während der sie diese praktisch erfahren konnten, und auch sie haben dies - trotz gelegentlicher Klagen, daß der Vater so wenig Zeit habe, um etwas mit ihnen zu unternehmen - akzeptiert und verkraftet.

Und noch eins will ich an dieser Stelle nicht verschweigen: Für die Führung und Erfüllung meines ganzen bisherigen Lebens danke ich zuletzt und zutiefst Gott - damit meine ich nicht eine unpersönliche Schicksalsmacht, einen transzendenten Seinsgrund, oder, um es mit den Worten Blaise Pascals auszudrücken: "nicht den Gott der Philosophen und Gelehrten", sondern den "Gott Jesu Christi", d.h. den in der Heiligen Schrift bezeugten, in dem Menschen Jesus Christus sich den Menschen zuwendenden Gott, der in Ihm des Menschen Zielverfehlung, seine Schuldverstrickung und seine Leiden in Seinem Sühneleiden auf sich läßt, um dem Menschen Freiheit, Gehaltenheit und Hoffnung zu geben. Ich bin davon überzeugt, daß ich ohne die durch Jesus geschenkte Entlastung von Schuld und Sorge nicht imstande gewesen wäre, die mannigfaltigen Belastungen meines Lebens - eingeschlossen des Berufslebens - so leicht zu tragen.

Damit zusammen hängt nämlich noch ein zweites: die Einbindung in die christliche Gemeinde, in der man - ungeachtet der Verschiedenheiten von Individualität, sozialem Status, Bildung, Hautfarbe und Sprache - auf einem gemeinsamen Weg zusammengestellt ist, um einer den andern zu stützen und einer des andern Last mitzutragen. Daß diese Gemeinschaft, die "Communio Sanctorum" des Credo, ihr Dasein nicht nur als liturgischer Zierat eines Sonntagsgottesdienstes fristet, sondern Lebenswirklichkeit ist, habe ich nicht nur in der Normalsituation der Heimatgemeinde erlebt, sondern ganz besonders intensiv gerade auch in den Ausnahmesituationen, etwa im Kriege oder bei Auslandsaufenthalten, ob in den USA, Indien oder Ägypten - daß man dort nicht ein Einsamer und Fremder ist, sondern an- und aufgenommen wird als einer, der dazugehört.

Und da ist auch schließlich noch jene Gemeinschaft von Studenten, Schülern und Akademikern, die sich unter der Bezeichnung "Studentenmission in Deutschland" (SMD) zusammengeschlossen haben mit dem Ziel, in ihrem Tätigkeitsbereich, d.h. insbesondere in der Hochschule, ihren Kommilitonen und Kollegen Jesus Christus zu bezeugen, denen ich mich seit meiner eigenen Studenzeit eng verbunden weiß und immer wieder gern in Vortragsveranstaltungen und Freizeiten mit ihnen zusammengearbeitet habe.

Es war zwar nicht der entscheidende Grund dafür, daß ich mich seinerzeit entschloß, aus der Industrie an die Universität zu wechseln, wohl aber hat dabei die Erwägung mit eine Rolle gespielt, daß ich dann auch eine größere Freiheit und Nähe zur Mitarbeit in der SMD hätte: Weil ich der Überzeugung bin, daß gerade in einer Zeit, wo eine alle Lebensbereiche überflutende "Emanzipation" von jedweden verbindlichen Wertnormen und Leitbildern weithin ein Lebensgefühl der Halt-, Sinn- und Trostlosigkeit freiläßt, es gesagt werden soll, daß es lohnt, sich mit Gott einzulassen, oder - um noch einmal einen Ausspruch Pascals zu zitieren - daß es gut ist "des sinnlosen Suchens nach der Wahrheit (d.h. des eigenmächtigen Strebens nach Lebensbewältigung), überdrüssig und müde, die Arme nach dem Befreier auszustrecken".

Würdigung der wissenschaftlichen Arbeiten über Rheologie von Prof. Dr. Hanswalter Giesekus

durch Prof. Dr. H. H. Winter, University of Massachusetts, Amherst/MA

(nicht berücksichtigt sind Arbeiten über stochastische Prozesse, theoretische Festkörperphysik und Wissenschaft der Polymere)

Aus: *Rheologica Acta* 28 (1989), S. 437 - 448

Dieser Aufsatz ist urheberrechtlich geschützt!
© 1989 Springer Science and Business Media

Die Darbietung im Rahmen des Lebenslaufes von Prof. Hanswalter Giesekus erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Springer Science and Business Media und des Autors, Prof. H. H. Winter!

Note from the Editor

Professor H. Giesekus has been the Editor of *Rheologica Acta* for 14 years and he now continues to serve on the editorial board. In recognition of his work as editor and scientist, papers have been written by personal friends and authors who share Giesekus' favorite research areas. These papers are printed collectively in this issue.

Over the years, I repeatedly have been asked to translate from Giesekus' papers which were written in German. A general remark was that Giesekus had published many profound results in the German literature which, only many years later, were independently rediscovered and published in the international literature. This issue will pay tribute to this fact by listing the publications of Giesekus and his coworkers in the area of rheology. The publications can generally be classified into theoretical and experimental ones. Not mentioned here will be the dozen research papers in the fields of stochastic processes, theoretical solid state physics and polymer science. Many thanks have to be expressed to Professor Giesekus for his help and collaboration when preparing this short survey.

H.H. Winter

1. Theoretical work of H. Giesekus

1.1 Phenomenological constitutive theory

Prof. Dr. Hanswalter Giesekus entered into the field of phenomenological rheology with a constitutive theory of viscoelastic fluids for a class of motions, later called "motions with constant stretch history" [1]. For this sake he generalized the model of the Reiner-Rivlin fluid introducing in addition to the rate of deformation tensor a modified rate of rotation tensor which characterizes the rotation of the material relatively to the system of principal axes of the rate of deformation tensor¹⁾. A specialization to viscometric flow was also outlined. Some of these results were reformulated and derived from the more general constitutive equations of Rivlin and Ericksen (1955) in a subsequent paper [3] in which also a second series of kinematic tensors was introduced (which were later sometimes called "White-Metzner tensors") and their relation to the "Upper convected (Oldroyd) derivative" was shown.

¹⁾ This concept was much later rediscovered and generalized by A. Harnoy (*J Fluid Mech* 76 (1976): 501–517) to non-steady flows.

The physical meaning of co- and contravariant convected components of the stress tensor was elucidated [4], and it was shown that for a viscoelastic material in which the stress forces can be derived from a scalar potential, the stress tensor should most appropriately be signified by its contravariant components. It was then concluded that contravariant kinematic tensors should lead to a simpler description of viscoelastic fluid behavior than covariant (Rivlin-Ericksen) or corotational kinematic tensors.

The constitutive equation of a viscoelastic fluid was expanded in a way later called "slow flow approximation" [7]. The structure of the different orders in the kinematic tensors and its invariants were analyzed, firstly under general flow conditions, secondly under steady (or "constant stretch") conditions, and thirdly for viscometric flows. Besides the general viscoelastic fluid, a "Weissenberg fluid" (which possesses a disappearing second normal-stress coefficient in simple shear flow) was introduced in a general way by means of the contravariant convected derivative of an isotropic tensor function (strongly related to the later introduced "configuration tensor"), and its expansion compared with that of a general fluid. It was demon-

strated to what extent the number of scalar coefficients, associated with the different orders, is reduced owing to the various specializations. Some inequalities were derived from thermodynamic considerations, in particular, it was shown that (under the precondition of objectivity) the first normal-stress difference must be a non-negative quantity, at least in the second-order approximation.

In a short communication with reference to a paper of Hanin and Reiner [2] a more elegant derivation was given of a formula for the conversion of the Hamel-Almansi strain measure into the logarithmic Hencky measure. It was demonstrated that the time derivative of the Hencky measure could in general not be interpreted as the true measure of the rate of strain. In another short communication with reference to papers by Weissenberg and Grossman [10] it was demonstrated that Grossman's "separation tensor" was strongly connected with the Finger deformation tensor, and that this tensor was in particular well suited for the formulation of the constitutive equation of a Weissenberg fluid (cf. [7]).

The linear theory of viscoelastic materials was formulated in an exactly symmetric way [14] by means of introduction (besides the characteristic functions "creep compliance" and "relaxation modulus") of the two additional functions "stressing viscosity" and "retardation fluidity" of which the respective Carson transforms are the "complex viscosity" and the "complex fluidity".

The analysis of isotropic linear-viscoelastic media [33] showed that certain inequalities must exist between the characteristic functions of distortion and volumetric deformation if inadmissible consequences, e.g., negative values of Poisson's ratio, were to be avoided. In particular, Stokes' supposition that volume strain of a compressible viscous fluid could be described as purely elastic was demonstrated to lead to quite strange consequences, e.g., in non-steady uniaxial extensional motions.

A simple isotropic material was constructed by superposition of corotational Maxwell models with a special distribution of relaxation times [27], and it was shown that this combined fluid and solid properties in a quite unusual way. It behaved like a power-law fluid in steady shear flow but showed neither fluid-like nor solid-like behaviors but instead, intermediate behavior in extensional flows (for arbitrarily slow motions), and its behavior in time-dependent shear flows was also quite strange. This led to a more detailed distinction between fluids and solids [28] in such a way that between the classes of solids and

"proper fluids" a class of "improper fluids" must be inserted²).

1.2 Structural constitutive models

It was a guiding principle in Giesekus' research activities to look simultaneously at phenomenological and structural points of view if ever appropriate. Accordingly, in the second part of his first paper [1] the statistical model of dilute suspension of rigid dumbbells with Brownian motion was derived in the framework of the foregoing developed theory of constant-stretch history motions. It was then specialized for viscometric flows, for which non-Newtonian shear viscosity and a positive first normal-stress coefficient was predicted³).

In the second part of a subsequent paper [3] the general statistical theory of dilute dispersed systems was outlined which was later found by the author to be equivalent with the theory of Kirkwood et al. As a special example a suspension of elastic dumbbells with finite equilibrium length was analyzed in analogy to the treatment of rigid dumbbells in [1] but including also relaxation properties. For the limiting case of Hookean dumbbells (zero-equilibrium length) the constitutive equations were given in their general form, proving themselves to be modeled by an "Oldroyd fluid B".

It was shown that suspensions of rigid dumbbells, as treated in [1], are no longer Weissenberg fluids if either the spherical beads are substituted by spheroidal ones or the mutual hydrodynamic interaction of the beads is taken into consideration [6]. Here also dilute suspensions of spheroids were found to lead to second normal-stress differences for which the initial values of $-N_2/N_1$ range between 1/7 for extremely slender particles over a minimum of about 0.074 for moderately slender particles to 2/7 for disk-shaped particles⁴). In this paper also a more pellucid derivation of the constitutive equation of the Hookean dumbbell suspension and of a general model of a Weissenberg fluid were presented.

²) This intermediate behavior has recently been found to be realized with materials at the sol-gel transition point, cf. H.H. Winter and F. Chambon (J Rheology 30 (1986): 367–382).

³) The prediction of a small second normal-stress coefficient, contained also herein, is in error. This was mentioned in later papers, in which it was shown that this model belongs to the class of Weissenberg fluids.

⁴) Notice that in Giesekus' notation $\psi_1 = \lim_{\dot{\gamma} \rightarrow 0} (N_1/\dot{\gamma}^2) = F_0 + G_0$ and $\psi_2 = \lim_{\dot{\gamma} \rightarrow 0} (N_2/\dot{\gamma}^2) = -G_0$.

With a view to the motion of suspended particles, idealized by tri-dumbbells, the local structure of flow fields was classified [8]⁵). Criteria were given for suspended rigid particles either to adjust or to rotate in such flows. In part II of this paper the special case of plane flow was analyzed in more detail, and an experimental arrangement – a modified four-roller apparatus – was described in which the dependence of the particle motion on flow type and particle shape could be demonstrated. As a result of these considerations suspensions with non-spherical particles without Brownian motion must be classified as fluids with, in the state of rest, singular flow behavior, called “quasi-plastic fluids” [9]. A detailed analysis of such a behavior was given for suspensions of cross-dumbbells in plane flows, for which an extreme dependence of shear and normal stresses on the flow type was found.

A general statistical theory of dilute suspensions in Newtonian media with Brownian motion, in particular with rigid particles of arbitrary shape, was outlined [12] in which the forces acting on the particles and the stresses and motions resulting therefrom were described by an integral transform. This is preceded by a short reference on some earlier results [6–10].

Based on the foregoing analyses of dilute suspensions of elastic particles a generalization to more concentrated systems was carried out by the introduction of a configuration-dependent tensorial mobility [16] which governs the motion of the beads. This results in a deviation from the behavior of a Weissenberg fluid and, in particular, in the prediction of a non-disappearing second normal-stress difference. This model was discussed in some more detail for slow and fast steady viscometric flow [29]⁶).

A specialization of this constitutive model was obtained by assuming a linear relation between the deviations of the mobility tensor and the configuration tensor from the unit tensor, the latter being proportional to the tensor of excess stresses [34]. Especially the simplest case of so-called one-mode model (often simply designated as the “Giesekus model” in the literature) was analyzed for steady and start-up flows in simple extensional and simple shear

modes and for relaxation properties. Notwithstanding that it was a non-linear model it delivered in most cases analytical solutions and predicted plausible pattern of extensional and shear viscosity, first and second normal-stress coefficients and stress relaxation, including stress overshoot, though not in simple extensional but in simple shear start-up flows. The latter was analyzed with numerical methods in a more complete way [36]. It was outlined in a short comment [41] that a constitutive equation published somewhat later by Volkov and Vinogradov was equivalent with Giesekus’ one-mode model.

The predictions of this model, also called “mean-configuration model”, were compared with those of the Curtiss-Bird modified reptation model, which is in contrast of the type of an “actual-configuration model” [40]. These were quite similar for several types of flow but differed markedly for some others.

The above-mentioned model was generalized in such a way that the linear relation between the configuration and the mobility tensor was substituted by one of the relaxation type [40, 42]. This model predicted a maximum in the steady-state uniaxial extensional viscosity curves and stress-overshoot in the associated start-up curves together with a much more pronounced stress-overshoot in the simple shear mode. A short presentation of these models, preceded by an indication on some typical experimental phenomena and its phenomenological description was given in [45]. Another generalization [48], in which a quadratic and an exponential relation, respectively, was introduced between the configuration and the mobility tensor, allowed for the prediction of flow hardening phenomena in steady and start-up flows as were often observed in polymer solutions in extensional and also in shear modes.

The multitude of structural models of polymer fluids stimulated a comparison of their predictions and an attempt for a unified approach. This was first undertaken under the special point of view of the concept of configuration-dependent molecular mobility [35], and then with special reference to a comparison of molecular and network-constitutive theories [43]. At last, also continuum approaches based on irreversible thermodynamics and rational mechanics concepts, respectively, were included [44] and compared with the unified approach derived from structural models.

As a further result of the analysis of structural models a new series of “Configuration-dependent generalized Oldroyd derivatives” was introduced [38]. In these the additional terms, included in “Combined Oldroyd” or “Gordon-Schowalter derivatives” con-

⁵) This classification is more detailed than the later proposed familiar classification into “strong” and “weak flows”, cf. R.I. Tanner and R.R. Huilgol, *Rheol Acta* 14 (1975):959–962.

⁶) This paper contains many misprints and also some miscalculations which were, however, corrected in [34].

taining the rate of deformation tensor, were substituted by such ones with an "Irreversible rate of deformation tensor", and it was shown that this substitution led to a more realistic description of the force-free motion of particles in hampered flow.

1.3 Flow of viscoelastic fluids

Because the real existence of the second normal-stress difference in shear flows of viscoelastic fluids was doubted for some time, methods were looked for which were suitable to clarify this problem [5]. Functions equivalent with first and second normal-stress coefficients were defined and cone-and-plate flow, torsional flow between rotating disks, Couette flow with a free surface and flow through straight pipes with arbitrary cross-section were discussed. Besides other results the rod-climbing effect in Couette flow was quantitatively described in first approximation, and it was shown that secondary flow in straight pipes, first discussed by Ericksen, is a fourth-order effect. Many years later, it was evidenced in a comment on a paper by Rosenblat [39] that the respective results were also valid for a so-called "Rivulet flow".

In some papers by different authors flow of viscoelastic fluids through porous walls had been investigated in an inconsistent manner. Because of this a comprehensive analysis of the flow of an Oldroyd fluid B and its degenerate types, i.e., the Upper convected Maxwell and the Newtonian fluid, between two parallel plates was carried out [24]. These plates were both moving steadily in their own planes, whereas at the same time the fluid was injected with uniform and constant velocity at the one plate and sucked at the other plate. These plates were idealized by two singular planes with uniformly distributed forces for which matching and jump conditions were stated. Also an additional "back-shielding" condition had to be introduced for the injection plane. These conditions depended on whether the fluid possessed instantaneous elasticity (as is the case for the Maxwell fluid) or instantaneous viscosity (as is the case for the non-degenerate Oldroyd and the Newtonian fluid). In the first case a "change of type" was predicted if the suction velocity exceeded the maximum sound velocity. It was elucidated that the problem cannot in general be treated with a slow-flow approximation, but only in that particular case in which the injection area is taken to be at infinity, cf. also [50].

Viscometric flows deliver only an incomplete information on rheological properties, therefore the flow around a sphere was analyzed which executes simultaneously a rotational and a translational motion

parallel to the axis of rotation [11]. The very laborious calculations in terms of the slow-flow approximation up to third-order terms under neglect of inertia showed that, in combination with Couette flow, all coefficients of first to third order could in principle be completely evaluated from measurements of torque and axial force. In this paper a theorem was derived (now often designated as the "Giesekus theorem") according to which the second-order flow field in creeping motion depends on only one parameter, whereas the second one enters solely into the pressure distribution. It was outlined in a recent note [50] that this theorem (together with the Tanner-Pipkin theorem which can be understood as a special case of the Giesekus theorem for plane flows) is valid without restrictions in all cases where the second-order slow-flow approximation is applicable, including flows with suction at certain surfaces but not for such with injection.

In the theoretical part of [13] the secondary flow of a second-order fluid around a rotating sphere and in a cone-and-plate arrangement was calculated under consideration of inertia. For the latter geometry this calculation was later completed and a numerical evaluation for the sake of experimental evaluation was added [19].

Flow instabilities of cellular type in circular and plane Couette flow were analyzed for a second-order fluid with inclusion of inertia [17]. Their occurrence was found to depend on six characteristic numbers, whereas this problem is ruled by only one such number, the so-called Taylor number, for Newtonian fluids. The governing equations were solved completely for plane Couette flow, however, only with neglect of inertia for circular flow. In both cases a decisive part is played by the second normal-stress difference. An abstract of these analyses, supplemented by a short indication to periodic flows, was given in [18].

Correspondingly, flow instabilities in plane channel flows, in flows through cylindrical tubes and annuli, and overstability phenomena were considered under the same preconditions in a series of three papers [25]. However, steady and periodic instabilities were only predicted for positive or very large negative second normal-stress coefficients.

Stimulated by observations of Giesekus [20, 22], Strauss analyzed steady-state and instability phenomena of entrance flows into a convergent channel [St 1–5], into a slit of finite width [St 7, 8], flow in front of a scraper moving over a flat sheet [St 6], flow into a sudden planar contraction and expansion [St 11] and into a tapered cylindrical contraction

[St 9]. A short survey on these and related phenomena was given by Giesekus [30].

Strauss investigated also the start-up flow in simple shear between two parallel plates with special reference to the effect of inertia on the initial fluid motion [St 10].

Giesekus suggested likewise investigations on particle motion in viscoelastic fluids: Troester [Tr 1] analyzed the orientation of dumbbell-shaped particles without and with hydrodynamic interaction in shear flows of a second-order fluid and compared the theoretical results with experimental ones in a set-up realizing plane shear flow. This field was under more general conditions inspected by Brunn: Besides the analysis of the effect of Brownian motion on a suspension of spheres in Newtonian media for different flow fields [Br 3] he investigated the slow motion of spheres [Br 4] and non-spherical rigid particles [Br 6, 8] as well as the interaction of spheres in a viscoelastic fluid [Br 7]. Also the migration of spheres in non-homogeneous flows of viscoelastic fluids was predicted [Br 5]. A review on these investigations was given by Brunn [Br 9] and by Giesekus [32], the latter included also experimental results.

Brunn was also interested in the effect of a solid wall on polar fluids [Br 1] and dilute macromolecular solutions [Br 2]. In connection herewith he suggested a detailed investigation by Harre [Ha 1] on hydrodynamically induced motions of idealized particles in Newtonian media near straight and curved walls.

The so-called method of "representative viscosity" for the evaluation of viscometric measurements with non-Newtonian fluids, originally introduced by Metzner and Otto in a more empirical way, was derived in a mathematically rigorous way resulting in a nonlinear functional transform between the fictitious and the true flow curve. The applicability of its linear approximation was discussed for different types of flow [31].

2. Experimental work of H. Giesekus

Giesekus was not only fond of theories for combining phenomenological and structural points of view but also of experimental research. Many of the subjects treated theoretically were also inspected experimentally.

2.1 Flow phenomena in viscoelastic fluids

His experimental research in the field of rheology started with the demonstration of secondary flow around a sphere, in a cone-and-plate arrangement

with wide angular gap and around different stirrers in steady rotational motion [13]. For the two first-mentioned types of flow at least qualitative agreement with theoretical predictions was evidenced. In a subsequent paper [15] besides these findings also some experimental results of flows around an oscillating sphere and inside an oscillating cylinder were added. Cone-and-plate secondary flow was later utilized to determine one of the two second-order coefficients of the slow-flow approximation by measuring the extension of the zone which is dominated by the viscoelastic normal stresses [19]. In these experiments test fluids (i.e., polysiloxanes with medium molecular weight) were used which showed second-order behavior in a wide range of shear rates⁷). Experiments with flows of moderately viscoelastic fluids around a rotating sphere showed not only a separation of the field of secondary flow in two or three regions either dominated by normal stresses or inertia and dependence of the extension of these zones on rotational speed and temperature but also very peculiar slowly oscillating instabilities [23].

Flow instabilities were investigated experimentally also in Couette flow. After some preliminary observations of very slow cellular-type instabilities and its transition to irregular ones [17] concentration dependence of the transition to either steady, oscillatory or irregular instabilities ("elastic turbulence") were inspected and, in particular, a new type of wavelike instability was observed in a surfactant solution [26]. These experiments were continued with an improved apparatus by Friebe [Fb 1] who observed with dilute polymer solutions in various solvents four different types of instabilities. In steady instabilities the length of the cells was observed to grow with polymer concentration up to 35%.

When polymer solutions discharged from cylindrical tubes or rectangular channels groove-shaped instabilities could be observed [26]. In the latter case also transition occurred from a type with narrow grooves to another one with much wider grooves which travelled from the midst to both sides of the channel.

Secondary flow and instability phenomena were observed in plane and circular dies when the fluid entered the slit or hole or discharged from it as a free jet [20]. It was shown that the shape of the contraction (i.e., whether it was tapered or nearly abrupt) was of importance for the extension of the steady circular flow zones as well as on the transition to ir-

⁷) Fluids of this type were later termed "Boger fluids".

regular instabilities. It was further observed [22] that suspended air bubbles and solid particles migrated from the central discharging fluid zone into the surrounding circulating zone and that in certain polymer solutions the central zone became turbid, indicating the generation of associates. When the jet discharged into a second reservoir with fluid at rest, this turbidity persisted over a certain length and then suddenly disappeared together with the bursting of the jet ("tree-shaped flow"). This was interpreted in the same way as delayed die swell to be a consequence of the retarded decomposition of the associates which were built up in the strong extensional flow of the entrance region. It was also demonstrated that exit flow of viscoelastic fluids, in contrast to entrance flows, did not follow the predictions of the second-order theory at all, and this was explained as a consequence of the different deformation histories.

Strauss and Kinast [St 2] found that in plane convergent flow besides the usually observed near-wall circular zones also a central circular zone of double-vortex shape could be realized which changed into an asymmetric instability of single-vortex shape at higher discharge. Dembek [De 1] applied the technique of photochromic dyes to visualize the flow of viscoelastic fluid through contractions and compared entrance and exit effects. He also analyzed structural changes in orifice flows of polyisobutene solutions [De 3] and observed a marked change in the flow patterns when a certain concentration was overcome. For more dilute solutions "comma-shaped vortices" were observed directly around the orifice, together with a central turbid hose surrounded by a "silky domain" when illuminated perpendicular to the observation direction. For this material the viscosity determined in a capillary viscometer – in contrast to that measured in a Couette viscometer – showed also anomalous behavior indicating flow hardening near the entrance.

Möller [Mö 2] designed a high-pressure capillary viscometer to study the shear behavior of high-molecular polyisobutene solutions up to very high shear rates including regions with "shear hardening". Entry pressure loss was analyzed and related to entrance effects which were also visualized. In connection with this viscometer a jet-thrust apparatus was designed [Mö 1, 2] for the investigation of the first normal-stress difference at high shear rates. Results conformed well to those obtained with a cone-and-plate viscometer at lower shear rates.

Michele [Mi 1] tested the usefulness of the then new developed "Mechanical Spectrometer" (Rheometrics Inc.) for measurements of the first normal-stress difference and showed that linear polysiloxanes ex-

hibited second-order behavior in a broad range, i.e., behaved like "Boger fluids". This region was limited by a shear rate at which the first normal-stress difference became of about the same magnitude as the shear stress. For samples with small enough molecular-weight distribution the average shear modulus was found to be nearly independent of average molecular weight and temperature. Solutions of relatively low molecular-weight polyacrylamide showed also second-order behavior at low shear rates but later followed a power-law in shear stress and first normal-stress difference. These investigations were continued [Mi 3] and "shear hardening" was observed with polyisobutene solutions when the normal-stress difference overcame about ten times the shear stress. Start-up experiments with sufficiently high shear rates showed an additional "undershoot" after the initial "overshoot". Relaxation curves decayed in a non-exponential way with the orientation of the stress ellipsoid rotating to the direction of flow.

Martischius [Ma 1] investigated extensional viscosity of concentrated and moderately diluted polyisobutene solutions under transient conditions with a new extensional rheometer in which the fluid was drawn upwards by a rotating roller (modified "tubeless-syphon" set-up). Extensional viscosities were observed to increase about 200 times larger for higher concentrated solutions and even 2000 times larger for dilute solutions three times the shear viscosity; marked "extensional hardening" was observed from the beginning. Extensional behavior was compared with shear behavior where also "shear hardening" was observed, but first after a critical value of shear rate was overcome. Comparison of the relaxation properties in both types of flow suggested that the hardening effect could be attributed to molecular associations at least in the dilute solutions.

2.2 Flow phenomena in suspensions with Newtonian and viscoelastic suspension media

Apart from the observation of particle migration in suspensions with viscoelastic suspension media when flowing into an orifice [22] experimental work on suspensions was exclusively done by Giesekus' doctoral students. Pätzold [Pä 1] constructed an orifice viscometer and compared the flow behavior of concentrated suspensions of nearly monodisperse rigid spheres in different Newtonian liquids in this approximately extensional flow type with that in shear flow. In a certain concentration range the orifice viscosity was lower than the shear viscosity but at the highest concentrations the orifice viscosity grew much faster.

It could be visualized that with these concentrations the spheres arranged in shear flows into hexagonal dense layers which slid over one another. Besides this, flow behavior depended on the material and the pretreatment of the spheres and on the suspension medium.

Martischius [Ma 2] investigated suspensions of glass spheres in polyisobutene solutions in extensional and shear flows, cf. [Ma 1]. He observed that both the ratio of extensional to shear viscosity and of first normal-stress difference to shear stress was reduced by the addition of spheres. The observed strong reduction of the relative viscosity of high concentrated suspensions in viscoelastic media was interpreted to be caused by a modified mechanism of configurational rearrangement of the glass spheres, cf. [Mi 2].

Schröder [Sr 1] continued these investigations by including also suspensions with glass fibers (besides spheres) in Newtonian and viscoelastic media. In contrast to suspensions with glass spheres those with fibers showed shear thinning and first normal-stress differences already in Newtonian media. Orientation tendencies of fibers in viscoelastic media led to a reduction of the relative viscosity. In orifice flows the addition of spheres and, more pronounced, of fibers led to changes in the onset and the shape of the "flow hardening" characteristics. A short introduction into the reasons leading to the dependence of the rheological properties of disperse systems on the type of flow, including i. a. results from [Pd 1] and [Sr 1], was given by Giesekus [37].

Michele, Pätzold, and Donis [Mi 2] observed a very surprising effect in dilute suspensions of glass spheres in a strongly viscoelastic medium when this was sheared between two parallel glass plates: The spheres aligned into long chains or, if the suspensions were more concentrated, into necklace-shaped structures. In other types of flow similar structures could be generated. When spheres of two markedly different sizes were suspended, both arranged only with those of the same size, as was communicated in a review article of Giesekus [32].

Kleinecke [Kl 1] investigated the flow of high molecular polyethylene melts filled with glass spheres and glass fibers respectively, in shear and extensional flow fields. He observed that in all cases the suspended particles reduced the melt elasticity whereas shear thinning was increased. In start-up extensional flows the glass fibers caused a remarkable increase of extensional viscosity. In the entry into a capillary, flow lines could be visualized because of distinct crystallization phenomena occurring in the solidifying presheared melt. Circulation vortices and transition

to instabilities were observed not to depend markedly on the filler particles, but flow hardening phenomena in the entry region were significantly influenced by these.

2.3 Drag reduction phenomena

After Giesekus had changed from chemical industry to the University of Dortmund in 1970 he established first experimental research in drag reduction phenomena. His special interest was in the influence of drag reducing additives on the turbulence structure. An extended review on this subject was given in [46]; shorter reviews indicating some newer developments are found in [47] and [49].

The turbulence structure in a plane mixing layer was analyzed by an arrangement with two laser-Doppler anemometers allowing for the measurements of main-stream velocity, turbulence intensities, Reynolds shear stresses, time and space-time auto- and cross-correlations. This was started by Kwade [Kw 1] and continued by Scharf [Sf 1], see also [Hi 1, 2]. Later also a direct visualization of the vortex structure of the mixing layer by means of Schlieren technique was carried out by Hibberd [Hi 1-3, Ri 3], and recently the method of so-called "conditional sampling" was applied by Riediger [Ri 1-3]. Addition of polymer (e.g., 50 ppm PAAm) resulted in different structural changes: the micro-structure was considerably suppressed together with the turbulence intensity perpendicular to the main stream direction, whereas the coherent vortex structures showed significant changes in their dimensions and life time. In surfactant solutions [Ri 3] the micro-structure was nearly totally suppressed and the coherent structures developed with a different shape and intensity. In a similar way the flow behind a backward facing step was analyzed [Hi 4], and it was found that polymer additives reduced the strength of the recirculation vortex and increased the length of the circulation zone. Also grid turbulence was found to be markedly modified by polymer addition [Hi 5].

Another subject of extended investigations was "heterogeneous drag reduction" in pipe flows. In this case the polymer additive was not solved homogeneously in the solvent ("homogeneous drag reduction") but injected as a more concentrated solution, e.g., at the center of the pipe, into the pure solvent. Under favorable conditions Bewersdorff [Be 1-4, 6, 18] found an essentially higher effectivity of heterogeneous drag reduction also under conditions when almost no polymer entered into the near-wall

region but the concentrated solution moved as a flexible string or in a multitude of macroscopic filaments in the turbulent core. By means of two-color laser-Doppler velocimetry the main stream velocity and turbulent characteristics were also found to differ essentially from those in homogeneous drag reduction. Frings [Fr 1–3] observed that annular injection of the concentrated solution was still more effective than central injection. Recently also the effect of pipe roughness on drag reduction was taken into consideration [Be 9–10, Th 1, 2]. In the case of homogeneous drag reduction no essential influence was observed, whereas with heterogeneous drag reduction an increase in effectivity could be obtained as a result of wall roughness, in particular if this roughness was of so-called *k*-type (i.e., with wider distances between the roughness elements).

Bewersdorff and co-workers investigated likewise drag reducing properties of surfactant solutions [Be 5, 12] which differed markedly from those with polymer additives and showed under certain conditions “S-shaped” velocity profiles. Besides the above mentioned techniques they also used small-angle neutron scattering and light scattering methods [Be 7, 16] which delivered significant information on shape and orientation of the micelles in dependence of the flow conditions. In conclusion, xanthan gum and xanthan gum-based graft copolymers were inspected with respect to drag reducing properties and shear stability [Be 14, 17], and it was found that grafting with acrylamide improved both properties.

Bewersdorff and Berman [Be 11, 13, 15] attempted to interpret the experimental findings by the influence of flow-induced non-Newtonian fluid properties, interpreting Virk's ultimate profile as a “pseudo-laminar” profile governed by an increased effective viscosity because of the influence of temporary extensional flows between the turbulent vortices.

Because extensional viscosity is suggested to be essential for the effect of drag reduction but is only realized temporarily, Vissmann [Vi 1–3] investigated the influence of prestraining in shear flow on the effective viscosity in transient extensional flow and found it to be really influential at least in polymer solutions.

Practical applications of drag reduction by polymer additives were also explored: Several co-workers [De 2; Be 8; Ol 1, 2] looked for conditions to prevent sewer overflow after hard rainfalls and received encouraging results, whereas Golda [Go 1, 2] proved its effectivity in hydraulic transport of coal slurries with pipelines.

Giesekus' research papers on rheological subjects

1. (1956) Das Reibungsgesetz der strukturviskosen Flüssigkeit. *Kolloid-Z* 147:29–45
2. (1957) Einige Bemerkungen zu M. Hanin und M. Reiner: On isotropic tensor-functions and the measure of deformation. *ZAMP* 8:303–306
3. (1958) Die rheologische Zustandsgleichung. *Rheol Acta* 1:2–20
4. (1961) Der Spannungstensor des visko-elastischen Körpers. *Rheol Acta* 1:395–404
5. (1961) Einige Bemerkungen zum Fließverhalten elasto-viskoser Flüssigkeiten in stationären Schichtströmungen. *Rheol Acta* 1:404–413
6. (1962) Elasto-viskose Flüssigkeiten, für die in stationären Schichtströmungen sämtliche Normalspannungskomponenten verschieden groß sind. *Rheol Acta* 2:50–62
7. (1962) Die rheologische Zustandsgleichung elasto-viskoser Flüssigkeiten – insbesondere von Weissenberg-Flüssigkeiten – für allgemeine und stationäre Fließvorgänge. *ZAMM* 42:32–61
8. (1962) Strömungen mit konstantem Geschwindigkeitsgradienten und die Bewegung von darin suspendierten Teilchen. I. Räumliche Strömungen. II. Ebene Strömungen und eine experimentelle Anordnung zu ihrer Realisierung. *Rheol Acta* 2:101–112, 112–122
9. (1962) Flüssigkeiten mit im Ruhezustand singulärem Fließverhalten (quasi-plastische Flüssigkeiten). *Rheol Acta* 2:122–130
10. (1962) Einige ergänzende Bemerkungen zur Darstellung der rheologischen Zustandsgleichung nach Weissenberg und Grossman. *ZAMM* 42:259–262
11. (1963) Die simultane Translations- und Rotationsbewegung einer Kugel in einer elastoviskosen Flüssigkeit. *Rheol Acta* 3:59–71
12. (1964) Statistical rheology of suspensions and solutions with special reference to normal stress effects. In: Reiner M, Abir D (eds) *Second-Order Effects in Elasticity, Plasticity and Fluid Dynamics*. Macmillan, New York, pp 553–584
13. (1965) Some secondary flow phenomena in general viscoelastic fluids. In: Lee FH, Copley AL (eds) *Proc Fourth Intern Congr Rheology*. Intersci Publ, New York, part 1, pp 249–266
14. (1965) A symmetric formulation of the linear theory of viscoelastic materials. In: Lee EH (ed) *Proc Fourth Intern Congr Rheology*. Intersci Publ, New York, part 3, pp 15–28
15. (1965) Sekundärströmungen in viskoelastischen Flüssigkeiten bei stationärer und periodischer Bewegung. *Rheol Acta* 4:85–101
16. (1966) Die Elastizität von Flüssigkeiten. *Rheol Acta* 5:29–35
17. (1966) Zur Stabilität von Strömungen viskoelastischer Flüssigkeiten. I. Ebene und kreisförmige Couette-Strömung. *Rheol Acta* 5:239–252
18. (1966) Zur Stabilität stationärer und periodischer Strömungen viskoelastischer Flüssigkeiten in Feldern mit geraden und gekrümmten Stromlinien. *ZAMM* 46:T198–199
19. (1967) Die Sekundärströmung in einer Kegel-Platte-Anordnung: Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit.

- keit bei verschiedenen Polymersystemen. *Rheol Acta* 6:339–353
20. (1968) Nicht-lineare Effekte beim Strömen viskoelastischer Flüssigkeiten durch Schlitz- und Lochdüsen. *Rheol Acta* 7:127–138
 21. (1969) Rheology – its structure and its position in the field of natural sciences. In: Abir D (ed) *Contributions to Mechanics, Markus Reiner 80th Anniversary Volume*. Pergamon Press, Oxford, pp 341–346
 22. (1969) Verschiedene Phänomene in Strömungen viskoelastischer Flüssigkeiten durch Düsen. *Rheol Acta* 8:411–421
 23. (1970) Stoff- und Wärmetübertragung beim Strömen schwach viskoelastischer Flüssigkeiten um eine rotierende Kugel. *Rheol Acta* 9:30–38
 24. (1970) Zur Formulierung der Randbedingungen in Strömungen viskoelastischer Flüssigkeiten mit Injektion und Absaugung an den Wänden. *Rheol Acta* 9:474–487
 25. (1970, 1971) On the stability of viscoelastic fluid flow. II. Plane channel flow. III. Flow in a cylindrical tube and an annulus. IV. Overstability in plane Couette flow. *Rheol Acta* 9:53–60, 412–418; 10:266–274 (together with R.K. Bhatnagar)
 26. (1972) On instabilities in Poiseuille and Couette flows of viscoelastic fluids. In: Schowalter WR, Minkowycz WJ, Luikov AV, Afgan NH (eds) *Progress in Heat and Mass Transfer*, vol 5. Pergamon Press, Oxford, pp 187–193
 27. (1972) Ein einfacher isotroper Körper, der Flüssigkeits- und Festkörpereigenschaften in ungewöhnlicher Weise miteinander verbindet. *Rheol Acta* 11:152–162 (together with W. Heindl)
 28. (1972) Zur Unterscheidung von Flüssigkeiten und Festkörpern. *ZAMM* 52:T51–53 (together with W. Heindl)
 29. (1973) The physical meaning of Weissenberg's hypothesis with regard to the second normal-stress difference. In: Harris J (ed) *The Karl Weissenberg 80th Birthday Celebration Essays*. East African Literature Bureau, Kampala, pp 103–112
 30. (1976) Secondary flows and flow instabilities of non-Newtonian fluids in converging and diverging geometries. In: Clason C, Kubát J (eds) *Proc VIIth Intern Congr Rheology Gothenburg*. Swedish Society of Rheology, c/o Dept Polymeric Materials, Chalmers Univ of Technology, Gothenburg (Sweden), pp 61–65 (in German)
 31. (1977) Die Bestimmung der wahren Fließkurven nicht-newtonscher Flüssigkeiten und plastischer Stoffe mit der Methode der repräsentativen Viskosität. *Rheol Acta* 16:1–22 (together with G. Langer)
 32. (1978) Die Bewegung von Teilchen in Strömungen nicht-newtonscher Flüssigkeiten. *ZAMM* 58:T26–37
 33. (1978) Über den Zusammenhang zwischen Gestalt- und Volumenänderungsverhalten bei isotropen linear-viskoelastischen Stoffen. *Rheol Acta* 17:315–324
 34. (1982) A simple constitutive equation for polymer fluids based on the concept of deformation-dependent tensorial mobility. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 11:69–109
 35. (1982) A unified approach to a variety of constitutive models for polymer fluids based on the concept of configuration-dependent molecular mobility. *Rheol Acta* 21:366–375
 36. (1983) Stressing behaviour in simple shear flow as predicted by a new constitutive model for polymer fluids. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 12:367–374
 37. (1983) Disperse systems: dependence of rheological properties on the type of flow with implications for food rheology. In: Jowitt R et al (eds) *Physical Properties of Food*. Appl Sci Publ, London, pp 205–220
 38. (1984) On configuration-dependent generalized Oldroyd derivatives. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 14:47–65
 39. (1984) A short comment on the "Rivulet flow of a viscoelastic liquid" by S. Rosenblat. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 15:383–384
 40. (1984) Constitutive equations for polymer fluids based on the concept of configuration-dependent molecular mobility: Comparison of different models and a generalization of the mean-configuration theory. In: Mena B, García-Rejón A, Rangel-Nafaile C (eds) *Advances in Rheology*, vol 1: Theory. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, pp 39–63
 41. (1984) A short comment on the paper "Molecular theories of nonlinear viscoelasticity of polymers" by V.S. Volkov and G.V. Vinogradov. *Rheol Acta* 23:564
 42. (1985) Constitutive equations for polymer fluids based on the concept of configuration-dependent molecular mobility: A generalized mean-configuration model. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 17:349–372
 43. (1985) A comparison of molecular and network-constitutive theories for polymer fluids. In: Lodge AS, Renardy M, Nohel JA (eds) *Viscoelasticity and Rheology*. Acad Press, New York, pp 157–180
 44. (1986) Constitutive models of polymer fluids: towards a unified approach. In: Kröner E, Kirchgässner K (eds) *Trends in Application of Pure Mathematics to Mechanics*. Proc Bad Honnef, Germany 1985 (Lecture Notes in Physics 249). Springer, Berlin, pp 331–348
 45. (1986) Flow phenomena in viscoelastic fluids and their explanation using statistical methods. *J Non-Equilib Thermodyn* 11:157–174
 46. (1987) Turbulence phenomena in drag reducing fluids. In: Mujumdar AS, Mashelkar RA (eds) *Adv Transport Processes*, vol V, *Transport Phenomena in Polymeric Systems – 1*. Wiley Eastern Ltd, New Delhi, pp 229–284 (together with M.F. Hibberd)
 47. (1988) On the structure of turbulent flow of drag reducing fluids. In: Giesekus H, Hibberd MF (eds) *Progress and Trends in Rheology II (Suppl to Rheol Acta)*. Steinkopff, Darmstadt, pp 15–16 (together with M.F. Hibberd)
 48. (1988) Flow hardening in polymer solutions and its modelling with a modified mean-configuration constitutive equation. In: Uhlherr PHT (ed) *Proc Xth Intern Congr Rheology*, Sydney (Australia) August 14–19, 1988. Australian Society of Rheology, vol 1, pp 341–343
 49. (1989) On the structure of turbulent flows in drag reducing fluids. In: *Proc First Caribbean Conf Fluid Dynamics*, January 8–11, 1989. Dept Mathematics, The University of the West Indies, St. Augustine (Trinidad), pp 314–323
 50. (1989) Several comments on the paper "Some remarks on 'Useful theorems for the second order fluid'" by P.N. Kaloni. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 33:343–348

References of research papers on rheological subjects published by Giesekus's scientific co-workers at the Department of Chemical Engineering, University of Dortmund, FRG

Numbers with an asterisk refer to doctoral dissertations, supervised by Giesekus, or papers related therewith

H.-W. Bewersdorff (Be)

- 1*. (1979) Turbulente Diffusion und Widerstandsverminderung in Rohrströmungen. *Rheol Acta* 18:104–107 (together with K. Strauss)
 - 2*. (1982) Effect of a centrally injected polymer thread on drag in pipe flow. *Rheol Acta* 21:587–589
 - 3*. (1984) Effect of centrally injected polymer thread on turbulent properties in pipe flow. In: Sellin RHJ, Moses RT (eds) *Proc 3rd Intern Conf Drag Reduction*, Bristol, pp B4.1–8
 - 4*. (1984) Heterogene Widerstandsverminderung bei turbulenten Rohrströmungen. *Rheol Acta* 23:522–543
 5. (1985) The influence of drag reducing surfactants on the structure of turbulence in pipe flows. In: Lumley J (ed) *Proc 5th Symp Turbulent Shear Flows*, Aug 7–9, 1985. Cornell University, Ithaca (New York, USA), pp 9:41–46 (together with D. Ohlendorf)
 - 6*. (1985) Heterogeneous drag reduction in turbulent pipe flow. In: Gampert B (ed) *The influence of polymer additives on velocity and temperature fields*. Springer, Berlin, pp 337–348
 7. (1986) The conformation of drag reducing micelles from small-angle-neutron-scattering experiments. *Rheol Acta* 25:642–646 (together with B. Frings, P. Lindner, R. C. Oberthür)
 8. (1986) Kurzfristige Kapazitätserhöhung von Abwasserkanälen. *gwf-wasser/abwasser* 127:633–636 (together with V. Oles and F.-D. Martischius)
 9. (1987) Effect of roughness on drag reduction for commercially smooth pipes. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 24:365–370 (together with N.S. Berman)
 10. (1987) Drag reduction in artificially roughened pipes. *Chem Eng Comm* 60:293–309 (together with A. Petersmann)
 11. (1988) The influence of flow-induced non-Newtonian fluid properties on turbulent drag reduction. *Rheol Acta* 27:130–136 (together with N.S. Berman)
 12. (1988) The behaviour of drag reducing cationic surfactant solutions. *Colloid & Polym Sci* 266:941–953 (together with D. Ohlendorf)
 13. (1988) The influence of flow induced non-Newtonian fluid properties on turbulent drag reduction. In: Uhlherr PHT (ed) *Proc Xth Intern Congr Rheology*, Sydney (Australia) August 14–19, 1988. Australian Society of Rheology, vol 1, pp 182–184 (together with N.S. Berman)
 14. (1988) Rheological and drag reducing characteristics of xanthan gum solutions. *Rheol Acta* 27:617–627 (together with R.P. Singh)
 15. (1988) Drag reduction by polymeric additives: elastic stress and effective viscosity models. *Proc First National Fluid Dynamics Congr*, July 25–28, 1988, Cincinnati (Ohio, USA). Amer Inst Aeronautics and Astronautics, Inc, paper 88-3668-CP (together with N.S. Berman)
 16. (1989) SANS- and LS-studies on drag-reducing surfactant solutions. *Physica B156 & 157*:508–511 (together with J. Dohmann, J. Langowski, P. Lindner, A. Maak, R. Oberthür, H. Thiel)
 17. (1989) Turbulent drag effectiveness and shear stability of xanthan-gum-based graft copolymers. *J Appl Polym Sci* 37:2933–2948 (together with S. Ungeheuer, R.P. Singh)
 18. (1989) Elongational effects in heterogeneous drag reduction, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), *Drag Reduction in Fluid Flows: Techniques for Friction Control*, Ellis Horwood Ltd, pp 279–286
- P. O. Brunn (Br)
1. (1975) The velocity slip of polar fluids. *Rheol Acta* 14:1039–1054
 2. (1976) The effect of a solid wall for the flow of dilute macromolecular solutions. *Rheol Acta* 15:23–29
 3. (1976) The effect of Brownian motion for a suspension of spheres. *Rheol Acta* 15:104–119
 4. (1976, 1977) The slow motion of a sphere in a second-order fluid. *Rheol Acta* 15:163–171, (errata) 16:324–325
 5. (1976) The behavior of a sphere in non-homogeneous flows of a viscoelastic fluid. *Rheol Acta* 15:589–611
 6. (1977) The slow motion of a rigid particle in a second-order fluid. *J Fluid Mech* 82:529–547
 7. (1977) Interaction of spheres in a viscoelastic fluid. *Rheol Acta* 16:461–475
 8. (1979) The motion of a slightly deformed sphere in a viscoelastic fluid. *Rheol Acta* 18:229–243
 9. (1980) The motion of rigid particles in viscoelastic fluids. *J Non-Newtonian Fluid Mech* 7:271–288
- G. Dembek (De)
- 1*. (1981) Flow visualization of Newtonian and non-Newtonian media through contractions by photochromic dyes. In: Merzkirch W (ed) *Flow visualization II*. Hemisphere, Washington, pp 573–577
 2. (1981) Kurzfristige Kapazitätserhöhung von Abwasserkanälen durch Zusatz von wasserlöslichen Polymeren. *gwf-wasser/abwasser* 122:392–395 (together with H.-W. Bewersdorff)
 - 3*. (1982) Structural changes of polyisobutylene solutions induced by orifice flow. *Rheol Acta* 21:553–555
- H. W. Friebe (Fb)
- 1*. (1976) Das Stabilitätsverhalten verdünnter Lösungen sehr langkettiger Hochpolymerer in der Couette-Strömung. *Rheol Acta* 15:329–355
- B. Frings (Fs)
- 1*. (1985) Annular injection of concentrated polymer solutions into the wall region of a turbulent pipe flow. In: Gampert B (ed) *The influence of polymer additives on velocity and temperature fields*. Springer, Berlin, pp 349–358
 - 2*. (1988) Heterogeneous drag reduction in turbulent pipe flows using various injection techniques. *Rheol Acta* 27:92–110
 - 3*. (1989) Heterogeneous drag reduction in turbulent pipe flows caused by various injection techniques, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), cf. [Be 18], pp 295–302 (together with B. Pickert and H. Thiel)

J. Golda (Go)

- 1*. (1984) The effect of polymeric additives on the hydraulic transport of coal in pipes. In: Sakkestad BA (ed) Proc 9th Intern Techn Conf Slurry Transportation, March 21–22, 1984, Lake Tahoe (Nevada, USA) Slurry Techn Ass, 1800 Connecticut Ave NW, Washington DC (USA)
- 2*. (1986) Hydraulic transport of coal in pipes with drag reducing additives. Chem Eng Comm 43:53–67

S. Harre (Ha)

- 1*. (1988) Hydrodynamisch induzierte Eigenbewegung von idealisierten Teilchen in newtonschen Suspensionsmedien unter Berücksichtigung begrenzender Wände. I. Strömungen entlang geradliniger Begrenzungen. II. Strömung entlang gekrümmter Begrenzungen. Rheol Acta 27:495–511, 580–595

M.F. Hibberd (Hi)

1. (1982) Influence of drag-reducing additives on the structure of turbulence in a mixing layer. Rheol Acta 21:582–586 (together with M. Kwade and P. Scharf)
2. (1985) Influence of polymer additives on turbulence in a mixing layer. In: Gampert B (ed) The influence of polymer additives on velocity and temperature fields. Springer, Berlin, pp 271–278
3. (1985) A study of a turbulent mixing layer in drag-reducing fluids using schlieren photography. In: Yang WJ (ed) Flow Visualization III. Hemisphere, Washington, pp 615–619
4. (1986) Die Ablöseblase hinter einer Stufe in widerstandsvermindernden Flüssigkeiten. In: DGLR-Bericht 86-03: "Strömungen mit Ablösung". Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Bonn, pp 136–139
5. (1988) The anisotropy of grid-generated turbulence in dilute polymer solutions. In: Uhlherr PHT (ed) Proc Xth Intern Congr Rheology, Sydney (Australia) August 14–19, 1988. Australian Society of Rheology, vol 1, pp 404–406 (together with J. Dohmann)

K.-D. Kleinecke (Kl)

- 1*. (1988) Zum Einfluß von Füllstoffen auf das rheologische Verhalten von hochmolekularen Polyethylenschmelzen. I. Das Fließverhalten in Scher- und Dehnströmungen. II. Untersuchungen in der Einlaufströmung. Rheol Acta 27:150–161, 162–171

M. Kwade (Kw)

- 1*. (1982) Beeinflussung der Turbulenzstruktur in der ebenen Mischungsschicht zweier Ströme durch Polymerzusätze. Rheol Acta 21:120–149

F.-D. Martischius (Ma)

- 1*. (1982) Das rheologische Verhalten von Polymerlösungen: Strömungsverfestigung in Scher- und Dehnströmungen. Rheol Acta 21:288–310
- 2*. (1982) Das Scher- und Dehnströmungsverhalten von Suspensionen mit viskoelastischem Trägermedium. Rheol Acta 21:311–317

J. Michele (Mi)

- 1*. (1976) Die Messung der ersten Normalspannungsdifferenz mit dem "Mechanischen Spektrometer" – das

Normalspannungsverhalten von linearen Polysiloxanen und Polyacrylamidlösungen. Rheol Acta 15:15–22

2. (1977) Alignment and aggregation effects in suspensions of spheres in non-Newtonian media. Rheol Acta 16:317–321 (together with R. Pätzold and R. Donis)
- 3*. (1978) Zur Rheometrie viskoelastischer Fluide mit der Kegel-Platte-Anordnung. I. Untersuchung des stationären Verhaltens verschiedener konzentrierter Polymerlösungen. II. Anlauf- und Relaxationsmessungen. Rheol Acta 17:42–58, 59–68

D. Möller (Mö)

- 1*. (1988) The flow behaviour of polymer solutions at high shear rates. In: Giesekus H, Hibberd MF (eds) Progress and Trends in Rheology II (Suppl. to Rheol Acta). Steinkopff, Darmstadt, pp 154–157
- 2*. (1989) Untersuchungen zum Fließverhalten verschieden konzentrierter Polyisobutenlösungen unter hoher Scherbeanspruchung. I. Schubspannungs- und Verfestigungsverhalten. II. Bestimmung der ersten Normalspannungsdifferenz mit der Strahlimpuls-Methode. Rheol Acta 28:65–86, 102–111

V. Oles (Ol)

- 1*. (1987) Polymer addition to prevent sewer overflows, XXII IAHR-Congr and 4th Intern Congr Urban Storm Drainage, Lausanne, pp 190–195
- 2*. (1989) Sewer flow control by drag reducing polymeric additives, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), cf. [Be 18], pp 231–237

R. Pätzold (Pä)

- 1*. (1980) Die Abhängigkeit des Fließverhaltens konzentrierter Kugelsuspensionen von der Strömungsform: Ein Vergleich der Viskosität in Scher- und Dehnströmungen. Rheol Acta 19:322–344

S. Riediger (Ri)

- 1*. (1987) The influence of drag reducing polymers on the coherent structures in a mixing layer. Proc 6th Symp Turbulent Shear Flows, Toulouse (France) Sept 7–9, 1987, Session 14
- 2*. (1989) The influence of drag reducing additives on the coherent structures in a free shear layer. In: Fernholz HH, Fiedler HE (eds) Advances in Turbulence 2. Springer, Berlin pp 472–477
- 3*. (1989) Influence of drag reducing additives on a plane mixing layer, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), cf. [Be 18], pp 303–310

R. Scharf (Sf)

- 1*. (1985) Die Wirkung von Polymerzusätzen auf die Turbulenzstruktur in der ebenen Mischungsschicht zweier Ströme. I. Beeinflussung der integralen Kenngrößen des Turbulenzfeldes. II. Korrelationsanalyse der Mischungsschicht-Wirbelstruktur. Rheol Acta 24: 272–295, 385–411

R. Schröder (Sr)

- 1*. (1986) Der Einfluß der elastischen Eigenschaften des Trägermediums auf das Fließverhalten von Kugel- und Fasersuspensionen. I. Fließverhalten in Scherströmungen. II. Einströmverhalten in Lochdüsen. Rheol Acta 25:130–152, 257–274

K. Strauss (St)

1. (1974) Stabilität der Strömung einer newtonschen Flüssigkeit in einem konvergenten Kanal. ZAMM 54:T159–160
2. (1974) Sekundärströmungseffekte beim Strömen viskoelastischer Flüssigkeiten durch Keilspaltdüsen. Colloid & Polym Sci 252:753–758 (together with R. Kinast)
3. (1974, 1975) Die Strömung einer einfachen viskoelastischen Flüssigkeit in einem konvergenten Kanal. I. Die stationäre Strömung. II. Die Stabilität der Strömung. Acta Mech 20:233–246, 21:141–152
4. (1975) Das Stabilitätsverhalten der Strömung einer einfachen viskoelastischen Flüssigkeit in einem konvergenten Kanal. ZAMM 55:T159–161
5. (1975) Stability and overstability of the plane flow of a simple viscoelastic fluid in a converging channel. In: Hutton JF, Pearson JRA, Walters K (eds) Theoretical Rheology. Appl Sci Publ, London, pp 56–66
6. (1975) Modell der Strömung, die sich am Rakelmesser einer Beschichtungsanlage einstellt. Rheol Acta 14:1058–1065
7. (1976) Die langsame Strömung einer newtonschen Flüssigkeit durch einen endlichen Spalt. Acta Mech 24:305–311
8. (1976) Die langsame Strömung einer einfachen viskoelastischen Flüssigkeit durch einen endlich breiten Spalt. Rheol Acta 15:283–289 (together with A.B. Datta)
9. (1976) Slow flow of a viscoelastic fluid through a contraction. Rheol Acta 15:403–410 (together with A.B. Datta)
10. (1977) Zur Untersuchung der Anlaufströmung von viskoelastischen Flüssigkeiten. Rheol Acta 16:385–393
11. (1979) Direct numerical solutions of the equations for viscoelastic fluid flow. J Non-Newtonian Fluid Mech 5:269–283 (together with M.G.N. Perera)

H. Thiel (Th)

- 1*. (1988) Heterogeneous drag reduction in artificially roughened pipes. In: Uhlherr PHT (ed) Proc Xth Intern Congr Rheology, Sydney (Australia) August 14–19, 1988. Australian Soc of Rheol, vol 2, pp 323–325
- 2*. (1989) Turbulent flows of heterogeneous polymer solutions in artificially roughened pipes, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), cf. [Be 18], pp 287–294

L. Troester (Tr)

- 1*. (1978) Die Orientierung hantelförmiger Teilchen in Scherströmungen viskoelastischer Flüssigkeiten. Rheol Acta 17:353–376

K. Vissmann (Vi)

- 1*. (1988) Extensional flow behaviour of dilute polymer solutions after simple shear flow. In: Giesekus H, Hibberd MF (eds) Progress and Trends in Rheology II (Suppl. to Rheol Acta). Steinkopff, Darmstadt, pp 252–254
- 2*. (1989) The influence of pre-shearing on the elongational behaviour of dilute polymer and surfactant solutions. J Non-Newtonian Fluid Mech (in press) (together with H.-W. Bewersdorff)
- 3*. (1989) The influence of pre-shearing on the elongational behaviour of drag reducing fluids, in: Sellin RHJ, Moses RT (eds), cf. [Be 18], pp 61–67 (together with H.-W. Bewersdorff).

Author's address:

Prof. Dr. H.H. Winter
 Dept. of Chemical Engineering
 University of Massachusetts
 Amherst, MA 01003
 USA