

# Curriculum Vitae 2022

## Dietrich Johannes Hummel

### Ausbildung, Familienstand

Am 16. Juni 1936 wurde ich als Sohn des Regierungsbaumeisters Theodor Hummel und seiner Ehefrau Maria, geb. Ellwanger, in Stuttgart geboren. Meine Kindheit verbrachte ich gemeinsam mit meinen beiden jüngeren Geschwistern im Wohnort der Familie in Stuttgart-Bad Cannstatt. Dort trat ich am 1. September 1942 in die Grundschule ein. Infolge der kriegsbedingten Auslagerung unserer Familie in den Schwarzwald beendete ich die Grundschule am 27. Juli 1946 in Hirsau und trat am 26. August 1946 in die Oberschule in Calw ein. Nach der Rückkehr der Familie nach Stuttgart besuchte ich ab 1947 das Gottlieb Daimler-Gymnasium in Stuttgart-Bad Cannstatt, wo ich am 1. März 1955 die Reifeprüfung ablegte. Während meiner Schulzeit betätigte ich mich im Modellflugsport. In den Jahren 1953 bis 1955 war ich bei mehreren Modellflugwettbewerben erfolgreich, und am 30. Mai 1955 gewann ich die Landes-Modellflug-Meisterschaft von Baden-Württemberg in der Klasse der Nurflügel-Modelle. Dieser Sieg führte mich zu einem ersten Aufenthalt nach Braunschweig, wo im Herbst 1955 die Deutschen Modellflug-Meisterschaften stattfanden.

Am 26. Oktober 1955 begann ich mit dem Studium des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mein Interesse galt dabei dem im Aufbau befindlichen Schwerpunkt Luftfahrttechnik. Die erforderlichen Praktika richtete ich nach Möglichkeit auf dieses Ziel aus. So war ich vom 12. April bis 17. September 1955 bei der Firma Ernst Heinkel AG in Stuttgart-Zuffenhausen beschäftigt. In dieser Zeit stiftete Ernst Heinkel ein doppelsitziges Segelflugzeug. Es entstand eine Werks-Segelfluggruppe, bei der ich Gründungsmitglied war. Meine anschließende Ausbildung im Segelflug beendete ich am 29. Dezember 1956 mit dem Luftfahrerschein Klasse I, und am 22. August 1957 führte ich als erste Bedingung für das Silberne Leistungsabzeichen einen Dauerflug von 5 Stunden und 37 Minuten durch. Vom 3. bis 30. März 1957 nahm ich an einem Kurzlehrgang an der Motorflugschule des Baden-Württembergischen Luftfahrtverbandes auf dem Flughafen Stuttgart teil. Dort legte ich die Prüfung als Hilfswart für die Flugzeugtypen Bü 181, Kl 35 und Piper J 3 C ab. Im Frühjahr 1958 bestand ich die Diplom-Vorprüfung in der Fachrichtung Maschinenbau an der Technischen Hochschule Stuttgart mit dem Prädikat „Gut“. Die Urkunde ist vom 6. Mai 1958 datiert.

Zur Fortsetzung meiner Ausbildung wechselte ich am 1. April 1958 an die Technische Hochschule Braunschweig. Da sich jedoch für mich kurzfristig dort keine Weiterentwicklung in flugsportlicher Hinsicht ergab, wählte ich für mein weiteres Studium den Fachbereich Maschinenbau mit einer Vertiefung in Strömungslehre, Strömungsmaschinen und Aerodynamik. Am 27. April 1962 legte ich die Diplom-Hauptprüfung mit dem Prädikat „Mit Auszeichnung bestanden“ ab. Das Thema der Diplomarbeit am Institut für Strömungsmechanik unter Prof. Dr. Hermann Schlichting war „Untersuchungen des Geschwindigkeits-

feldes und der Bedingungen für das Aufplatzen der Wirbel beim schlanken Deltaflügel“. Für diese Arbeit erhielt ich im Studienjahr 1963 den 1. Preis der Technischen Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig und 1964 den Ernst-Mach-Preis der Deutschen Gesellschaft für Flugwissenschaften.

Bei der Wahl meiner beruflichen Ausrichtung nach dem Studium habe ich mich ausschließlich von dem Wunsch leiten lassen, auf dem Gebiet der Strömungslehre wissenschaftlich zu arbeiten. Dazu gab mir Professor Schlichting in seinen Braunschweiger Instituten Gelegenheit. Zunächst arbeitete ich vom 1. Juni 1962 bis 30. September 1963 im Institut für Aerodynamik der Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt (DFL) in Braunschweig und setzte dort meine Arbeiten an schlanken Deltaflügeln fort.

Bereits am 1. Oktober 1963 wurde ich von Professor Schlichting in das Institut für Strömungsmechanik der Technischen Hochschule Braunschweig als Wissenschaftlicher Assistent übernommen. Diese Aufgabe habe ich bis März 1972 auf der Grundlage verschiedener beamtenrechtlicher Positionen wahrgenommen. Neben einer gründlichen und nicht immer leichten Ausbildung in der Lehre hatte ich Gelegenheit zur weiteren wissenschaftlichen Arbeit an Flügeln mit kleinem Seitenverhältnis. Dies führte zu meiner Dissertation mit dem Thema „Berechnung der Druckverteilung an schlanken Flugkörpern mit beliebiger Grundriss- und Querschnittsform in Unter- und Überschallströmung“. Die Doktorprüfung am 2. Juli 1968 durch Prof. Dr. Hermann Schlichting und Prof. Dr.-Ing. Klaus Gersten ergab das Prädikat „Mit Auszeichnung bestanden“. Anschließend konnte ich in kurzer Zeit auch eine Habilitationsschrift mit dem Thema „Nichtlineare Tragflügeltheorie in Bodennähe“ anfertigen. Sie wurde von Prof. Dr. Hermann Blenk, Prof. Dr. Hermann Schlichting und Prof. Dr.-Ing. Fred Thomas begutachtet und am 25. Februar 1972 erhielt ich an der Technischen Universität Braunschweig die Lehrberechtigung (Venia Legendi) für das Fach „Strömungsmechanik“. Daraufhin wurde ich am 14. März 1972 zum Wissenschaftlichen Rat und Professor ernannt.

In die Ausbildungszeit fällt auch meine Eheschließung mit der Biologie-Lehrerin Ingeborg Liske am 3. April 1963. Auf ihren Einfluss geht mein späteres Interesse für die Ornithologie zurück. Unsere beiden Söhne wurden am 6. Januar 1965 (Jörg) und am 5. Dezember 1970 (Frank) geboren. Meine Frau erlag dann am 10. Oktober 1996 einem Krebsleiden.

### **Hochschullehrer an der TU Braunschweig**

In der Lehre habe ich an der Technischen Universität Braunschweig zunächst das Fachgebiet der Aerodynamik im Schwerpunkt Flugtechnik mit Vorlesungen über „Profiltheorie“ und „Tragflügeltheorie“ vertreten. Ausarbeitungen dieser beiden Vorlesungen sind am Ende meiner Lehrtätigkeit in Buchform erschienen. Hinzu kamen Vorlesungen über „Gasdynamik“ einschließlich des Spezialgebietes „Transsonische Strömungen“. Nach dem Ableben von Professor Schlichting habe ich seine berühmte Vorlesung „Grenzschichttheorie“ übernommen und in zwei Teilen mit dem Thema „Reibungsbehaftete Strömungen (Grundlagen und Anwendungen)“ vorgetragen. Nachdem an der Technischen Universität

Braunschweig im Schwerpunkt Flugtechnik bei einer Vakanz auf dem Gebiet der Flugmechanik Probleme auftraten, habe ich zwei Manuskripte ausgearbeitet, die mir für Vorlesungen über „Flugmechanik (Flugleistungen und Flugeigenschaften)“ dienen.

Meine Braunschweiger Vorlesungen wurden auch ins Ausland übertragen. Im Rahmen von Gastprofessuren am Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) habe ich dort vom 2. September bis 17. Oktober 1980 über „Transonic Flows“ und vom 31. August bis 9. Oktober 1981 über „Flight Mechanics“ vorgetragen. Bei zwei weiteren Aufenthalten am Institute of Technology (ITB) in Bandung (Indonesien) habe ich als Gastprofessor Vorlesungen vom 7. bis 21. März 1984 über „Aerodynamics of Airfoils“ und vom 24. Juli bis 21. August 1984 über „Aerodynamics of Wings“ gehalten.

Zu den Aufgaben in der Lehre gehören auch die Betreuung von Studierenden bei Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten. Auf Einzelheiten muss hier verzichtet werden. Das Verzeichnis der von mir betreuten Dissertationen ist als Anlage beigefügt.

Während meiner aktiven Tätigkeit als Hochschullehrer (bis 2001) war ich immer der Stellvertreter (C3) des Institutsleiters (C4). 1982 erhielt ich einen Ruf auf den Lehrstuhl (C4) für Aerodynamik und Messtechnik der Technischen Hochschule Darmstadt, den ich aber aus sachlichen und persönlichen Gründen ablehnte. In mehreren, teilweise sehr langen Perioden der Vakanz der C4-Stelle am Institut für Strömungsmechanik der Technischen Universität Braunschweig hatte ich die Institutsleitung wahrzunehmen. Dies führte auch zur Übernahme der Grundlagenvorlesungen über „Strömungsmechanik“ für das 3. und 4. Semester der gesamten Fachrichtung Maschinenbau.

### **Forschung im Dienst**

In der Forschung hatte ich nach meiner Ernennung zum Professor weitgehend freie Hand. Zwei Verzeichnisse (Veröffentlichungen und betreute Dissertationen) geben Auskunft über die Themen, die ich in vielen Jahren bearbeitet und geleitet habe. Das Hauptthema meiner wissenschaftlichen Arbeiten waren schlanke Flügel, an deren Vorderkanten Wirbelablösungen stattfinden. Die ursprüngliche Betrachtung von Deltaflügeln habe ich auf Flügel mit geknickten Vorderkanten (Doppeldeltaflügel), Flügel-Rumpf-Anordnungen, Entenkonfigurationen und Wellenreiter erweitert, wobei immer auch das Aufplatzen der Wirbel bei großen Anstellwinkeln untersucht wurde. Nachdem leistungsfähige Rechenprogramme zur Verfügung standen, wurden die Experimente durch numerische Lösungen ergänzt und auch ersetzt. Viele Arbeiten über schlanke Flügel-Rumpf-Konfigurationen wurden in enger Kooperation mit der deutschen Luftfahrtindustrie durchgeführt. Sie führten 1984 zu Detaillösungen bei der Gestaltung des Flugzeuges „Eurofighter“. Im Jahre 1988 wurde das International Vortex Flow Experiment (VFE-1), an dem ich Teilnehmer war, mit der Von Kármán Award for International Cooperation in Aeronautics des International Council of the Aerospace Sciences (ICAS) ausgezeichnet.

Ein weiteres Thema meiner Forschungsarbeiten betraf Hyperschallströmungen. Im Guntunnel des Instituts habe ich zusammen mit Mitarbeitern umfangreiche Untersuchungen der Strömung in längsangeströmten Ecken zwischen ungepfeilten und gepfeilten Keilen vorgenommen. Dabei ging es in erster Linie um das Verständnis der auftretenden Strömungsphänomene, aber die Ergebnisse dieser Messungen dienen heute auch der Validierung numerischer Berechnungsverfahren.

Neben vielen anderen Problemen, die aus den beiden genannten Verzeichnissen hervorgehen, habe ich mich auch mit der Aerodynamik von Kraftfahrzeugen befasst. Diese Arbeiten wurden in enger Kooperation mit dem Volkswagenwerk in Wolfsburg durchgeführt, blieben aber größtenteils unveröffentlicht. Aus dieser Zusammenarbeit resultiert meine Mitarbeit an dem Buch „Aerodynamik des Automobils“.

Meine Freiheit bei der Wahl der Forschungsthemen habe ich nach 1972 auch dazu benutzt, Probleme aus der Ornithologie zu untersuchen, auf die mich meine Frau als Biologin aufmerksam gemacht hatte. Dabei sind jedoch Arbeiten zur Aerodynamik des Vogelfluges und Arbeiten zur Biologie der Vögel zu unterscheiden.

Zunächst untersuchte ich die Leistungersparnis, die sich aus der gegenseitigen aerodynamischen Beeinflussung der Teilnehmer an einer Flugformation von Vögeln ergibt. Die Vorteile im Formationsflug sind so groß, dass viele Vögel diese Flugweise auf dem Langstreckenzug ausnützen. Auch die Anwendung bei Flugzeugen habe ich untersucht. Die Leistungersparnis konnte in Messflügen von zwei Flugzeugen nachgewiesen werden, wobei auch das Problem des autonomen Findens einer optimalen Flugaordnung gelöst wurde. Ein weiteres Thema aus der Ornithologie war die Wirkungsweise des Schwanzes bei Vögeln, die ja kein vertikales Seitenleitwerk besitzen. In umfangreichen Windkanalversuchen konnte ich zeigen, wie Vögel zum Einleiten einer Kurve am Schwanz die erforderliche Seitenkraft erzeugen. Diese Ergebnisse haben auf dem Internationalen Ornithologen-Kongress 1990 in Neuseeland Eingang in die ornithologische Literatur gefunden. Den Schlagflug der Vögel habe ich zusammen mit einem Doktoranden durch numerische Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen analysiert. Diese Untersuchungen haben wesentlich zum Verständnis des Vogelflugs beigetragen.

In meiner Freizeit widmete ich mich der Beobachtung von Vögeln. Daraus resultierte eine Reihe von Veröffentlichungen, die nicht mit meinen Dienstaufgaben an der Universität zusammenhängen, sondern die dem Fachgebiet der Biologie zuzuordnen sind. Neben vielen Einzelarbeiten habe ich mich mit zwei Themen sehr intensiv beschäftigt: Von 1974 bis 1982 war ich der Koordinator der winterlichen Zählungen der nordischen Wildgänse in der Bundesrepublik Deutschland, die von der Deutschen Sektion des Internationalen Rates für Vogelschutz durchgeführt wurden. Die Ergebnisse habe ich ohne Computerhilfe alljährlich zusammengestellt und publiziert. Aus einer eher zufälligen Beobachtung von Großtrappen im Winter 1969/70 entwickelte sich eine über viele Jahre andauernde Beschäftigung mit dieser Vogelart. Die seltenen Vögel führen in strengen und schneereichen Wintern

Fluchtbewegungen aus, deren Abhängigkeit vom Witterungsverlauf ich eingehend untersucht habe. Die Ergebnisse sind in die ornithologische Literatur eingegangen. Ich selbst war von 1985 bis 1995 in der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft Mitglied des Beirats, einem beratenden Gremium der Gesellschaft.

Während meiner Dienstzeit an der Technischen Universität Braunschweig habe ich eine sehr umfangreiche Beratertätigkeit insbesondere gegenüber der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie gegenüber der Luft- und Raumfahrtindustrie ausgeübt. Von 1976 bis 1990 war ich als Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) in der Schriftleitung der Zeitschrift für Flugwissenschaften und Weltraumforschung tätig und verantwortlich für die Fachgebiete Strömungsmechanik, Flugmechanik, Flugführung und Luftfahrtantriebe. Seit 1996 bin ich Mitglied des American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), seit 2001 als Associate Fellow.

### **Arbeiten im Ruhestand**

Nach dem Erreichen der Altersgrenze trat ich am 30. September 2001 in den Ruhestand. Meine Vorlesungstätigkeit habe ich eingestellt, ebenso die Betreuung von Studienarbeiten. Einige wenige Dissertationen konnten zum Abschluss gebracht werden und neue Promotionsarbeiten habe ich nicht mehr übernommen.

Nach der Beendigung meiner Lehrtätigkeit gingen die Forschungsarbeiten verstärkt weiter. Bereits 2001 hatte ich auf einer Tagung in Norwegen ein neues wissenschaftliches Experiment an einem Deltaflügel mit Strömungsablösungen an den Vorderkanten vorgeschlagen. Zur Verwirklichung richtete das Applied Vehicles Technology Panel (AVT) der Research and Technology Organization (RTO) der NATO 2003 eine internationale Arbeitsgruppe AVT-113 (Understanding and Modeling Vortical Flows to Improve the Technology Readiness Level for Military Aircraft) ein. In ihr wurden die Strömung um ein komplettes Flugzeug berechnet sowie das neue Vortex Flow Experiment (VFE-2) mit Windkanalversuchen und Vergleich mit numerischen Lösungen an einem Deltaflügel durchgeführt.

Die internationale Leitung des VFE-2 Projektes wurde mir übertragen. Meine Dienstreisen zur Ausübung dieser Tätigkeit finanzierte das deutsche Verteidigungsministerium bis dieses 2005 bemerkte, dass ich mich seit längerer Zeit im Ruhestand befand und nun durch einen Nachfolger zu ersetzen sei. Dieses deutsche Problem wurde dadurch gelöst, dass das DLR meine Reisekosten übernahm, jährlich getragen vom Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik (AS), je zur Hälfte von den Bereichen Braunschweig und Göttingen. Diese Unterstützung durch das DLR hat meine Kooperation mit dem DLR ermöglicht und begründet.

In fünfjähriger Bearbeitungszeit ergaben sich beim VFE-2 viele neue Erkenntnisse über die Wirbelbildung an Flügeln mit abgerundeten Vorderkanten, die ihren Niederschlag in über 50 wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Mitarbeiter gefunden haben. Nach dem

Abschluss der Untersuchungen erhielt ich als Chairman für das VFE-2 zusammen mit dem Chairman für das Flugzeug-Projekt (Dr. John Lamar, NASA) die International Cooperation Award 2009 des American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). Als weitere Ehrung wurde mir von der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) der Ludwig-Prandtl-Ring 2014 verliehen. Dies ist die höchste wissenschaftliche Luftfahrt-auszeichnung, die in Deutschland vergeben wird.

Inzwischen gibt es mehrere Nachfolgegruppen, die sich weiterhin mit der Wirbelströmung an Flügeln mit runden Vorderkanten beschäftigen und in denen ich durch die anhaltende Unterstützung durch das DLR bis zum heutigen Tag aktiv sein konnte. Die Arbeitsgruppe AVT-161 (Assessment of Stability and Control Prediction Methods) untersuchte eine Konfiguration mit gepfeilter Vorderkante und längs Spannweite variablem Nasenradius. Sie wurde für ihre Arbeit mit der RTO Scientific Achievement Award 2012 ausgezeichnet. In weiteren Nachfolgegruppen war ich mit von mir betreuten Promotionsvorhaben vertreten. Im Rahmen von AVT-239/AVT-295 (Innovative Control Effectors for Manoeuvring of Air Vehicles and Demonstration) erhielt ich 2021 die STO Scientific Excellence Award. Derzeit befasse ich mich mit der Rollstabilität von Hochleistungsflugzeugen bei sehr großen Anstellwinkeln.

In meinem Ruhestand habe ich mich auch mit der Luftfahrthistorie von Braunschweig beschäftigt. Die Geschichte des Instituts für Strömungsmechanik habe ich 2005 in einem Buch veröffentlicht. Seither bin ich im Arbeitskreis Braunschweiger Luftfahrtgeschichte (ABL) aktiv. Der ABL hat 2010 ein umfangreiches Buch über die „Braunschweigische Luftfahrtgeschichte“ herausgegeben, für das ich vier Textbeiträge verfasst und außerdem als Schriftleiter an vielen Kapiteln maßgeblich mitgewirkt habe. Ein weiteres Buch über den „Flugsport in der Region Braunschweig – Ballonfahrt, Motor- und Segelflug von den Anfängen bis 1945“ folgte 2014. Nach Einzelbeiträgen habe ich 2020 die Geschichte des Flugplatzes Braunschweig-Broitzem beschrieben, der inzwischen überbaut und aus dem Stadtbild verschwunden ist.

Auch auf dem Gebiet der Ornithologie war ich in meinem Ruhestand immer noch tätig. In neuerer Zeit konnte festgestellt werden, dass auch in der Region Braunschweig wieder Seeadler zu beobachten sind. Deshalb habe ich mich der Arbeitsgemeinschaft Adlerschutz in Niedersachsen (AAN) der Staatlichen Vogelschutzwarte des Landes Niedersachsen angeschlossen. Ich betreute das erste nach über 200 Jahren wieder erfolgreiche Seeadler-Brutpaar bei Wolfsburg ab 2011 gemeinsam mit der zuständigen Forstverwaltung. In der südlichen Lüneburger Heide brütete ein Seeadlerpaar, das junge Greifvögel lebend als Beute in seinen Horst eintrug. Dieses Phänomen wurde durch eine Horstkamera überwacht, und ich half bei der wissenschaftlichen Auswertung der Aufzeichnungen. Für das erste Jahr führte dies 2017 zu einer umfangreichen Arbeit zur Klärung des Verhaltens der adulten Seeadler, welche die jungen Greifvögel wie eigene Jungen fütterten, die dann aber letztendlich Opfer der beiden Jungadler wurden. Im Folgejahr war nur ein Jungadler im Horst. Das Adlerpaar zog zwei Mäusebussarde in seinem Horst auf, die beide zum Ausfliegen kamen. Dieses

Ergebnis wurde 2018 erstmalig wissenschaftlich beschrieben. Diese Forschungsarbeiten kamen leider zum Erliegen, weil das Seeadlerpaar den mit Kamera versehenen Horst verließ.

## **Ausblick**

Nach meinem Wechsel der Kooperation zum DLR-Institut AS habe ich mein Dienstzimmer im Institut für Strömungsmechanik der TU Braunschweig nicht mehr benutzt. Ich habe es zum 31.12.2022 endgültig verlassen. Zwar bin ich immer noch Angehöriger des Universitätsinstituts mit E-Mail-Adresse, aber ohne Dienstzimmer. Aufgaben als Hochschullehrer nehme ich nicht mehr wahr.

Gemeinsam mit dem DLR-Institut AS arbeite ich weiterhin an der Rollstabilität von Hochleistungsflugzeugen bei großen Anstellwinkeln.

An dem Fortgang einer von mir angeregten Entwicklung bin ich immer noch sehr interessiert: Im Jahr 2009 habe ich die Luftfahrtkollegen informiert, dass das letzte flugfähige Exemplar (V4) des von Prof. Winter mit Studenten entworfenen Langsamflugzeugs „Zaunkönig“ käuflich erwerbbar ist. Die Luftfahrt an der TU Braunschweig hat daraufhin das Flugzeug gekauft, geflogen und auch einen neuen Motor als Ersatzteil beschafft. Ziel war der Betrieb des Flugzeugs bei besonderen Luftfahrtereignissen in Braunschweig als Oldtimer. Die notwendigen Reparaturen zur Erhaltung der Flugfähigkeit wurden jedoch immer drängender, und 2015 konnte ich die Halter überzeugen, dass die beim Bau 1954 verwendete graue Farbe ein an der hiesigen Hochschule in den 1940er Jahren entworfenes ziviles Flugzeug betraf. Nach dem letzten Flug 2017 wurde eine Generalüberholung des Flugzeugs in Auftrag gegeben, bei welcher der Bauzustand von 1957 wiederhergestellt werden konnte. Die Arbeiten daran dauerten sehr lange, die Zulassung beim LBA erlosch inzwischen, aber die Renovierung ist abgeschlossen: Alle Einzelteile des Flugzeugs sind in den Instituten der Eigner verfügbar. Um das langjährige Ziel zu verwirklichen, fehlt nun noch der Zusammenbau zum Flugzeug und die Neuzulassung beim LBA als Oldtimer, wobei das dafür erforderliche Gutachten über die Schutzwürdigkeit vorliegt. Diese ganze Entwicklung habe ich angestoßen und bei vielen Gelegenheiten aktiv unterstützt. Nun hoffe ich, dass ich den Erstflug des Zaunkönigs V4 als Oldtimer noch erlebe.

Braunschweig, den 31. 12. 2022

Anschrift:

Prof. a. D. Dr.-Ing. Dietrich Hummel

Trinchenberg 4

D-38162 Cremlingen

Tel.: +49/(0)5306/4593

E-Mails: [Dietrich.Hummel@t-online.de](mailto:Dietrich.Hummel@t-online.de)

[D.Hummel@tu-braunschweig.de](mailto:D.Hummel@tu-braunschweig.de)