Mathematisches Forschungsinstitut
Oberwolfach

Tagungsbericht 16

Mathematische Methoden der Himmelsmechanik

vom 11.-17. September 1966

Leitung: Professor Dr. E. Stiefel, ETH Zürich

Diese Tagung war hauptsächlich als Fortsetzung derjenigen vom 15. bis 21. März 1964 gedacht und sollte über die unterdessen gemachten Fortschritte orientieren. Um etwas mehr Zeit für das Gespräch zu finden, wurden die Themen auf mathematische Methoden der Himmelsmechanik beschränkt und die allgemeinen numerischen Methoden außer acht gelassen.

Folgende Problemkreise sind behandelt worden:

I. Mathematische Methoden im n-Körperproblem.

II. Bestimmung, Optimierung, Störung und Korrektur von Bahnen künstlicher Himmelskörper.

III. Die Gestalt des Erdkörpers.

Es war erfreulich festzustellen, daß die Oberwolfacher Tagungen doch sehr stimulierend wirken, indem einige Vorträge über Untersuchungen berichteten, die auf der letzten Tagung im März 1964 durch Diskussionen angeregt worden waren.

Wir sind den folgenden Institutionen für die Entsendung von Delegierten dankbar:

National Aeronautics and Space Administration (NASA)
European Space Data Center (ESDAC), Darmstadt
Boeing Scientific Research Laboratories, Seattle
Cincinnati Observatory, Cincinnati
Bureau des Longitudes, Paris
Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig
Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen
Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg

Teilnehmer:

Bockemüller, E.A.	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig
Bollermann, Dr.W.	Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen
Deprit, Dr.A.	Boeing Scientific Research Lab., Seattle
Eisner, Frau S.	ETH, Zürich
Ferraz Mello, S.	Bureau des Longitudes, Paris
Goudas, Dr. C.L.	Boeing Scientific Research Lab., Seattle
Henrici, Prof.P.	ETH, Zürich
Hoheisel, Prof.G.	Universität Köln
Krause, Dr. H.G.	Marshall Space Flight Center, NASA, Huntsville
Morando, B.	Bureau des Longitudes, Paris
Price, Dr. J.F.	Boeing Scientific Research Lab., Seattle
Rabe, Prof.E.	Cincinnati Observatory, Cincinnati
Romberg, Prof.W.	Universität Trondheim (z.Zt. Univ. Heidelberg)
Schubart, Dr.J.	Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg
Stanek, B.	ETH, Zürich
Stiefel, Prof.E.	ETH, Zürich
Szebehely, Prof.V.	Yale University, New Haven
Thüring, Prof.B.	Technische Hochschule, Karlsruhe
Thüring, E. jun.	Universität Freiburg
Volk, Prof. O.	Universität Würzburg
Waldvogel, Dr.J.	ETH, Zürich
Walter, Dr. H.G.	ESDAC, Darmstadt
Wielen, Dr.B.	Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg
Wilhelm, K.	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig

Vortragsauszüge:

I. MATHEMATISCHE METHODEN IM n-KÖRPERPROBLEM

STIEFEL, E.: Principles of three-dimensional Regularization

Bei der Kollision eines bewegten Partikels mit einem Zentralkörper tritt in den zugehörigen Differentialgleichungen eine Singularität auf. Um diese wegzuschaffen, hat Levi-Civita 1906 für den Spezialfall der ebenen Bewegung des Partikels eine regularisierende Transformation ange-

Teilnehmer:

Röckemüller, E. A. — Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig

Hollermann, Dr. W. — Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen

Deprit, Dr. A. — Boeing Scientific Research Lab., Seattle

[illegible], Prof. E. — ETH, Zürich

Ferraz Mello, S. — Bureau des Longitudes, Paris

[illegible], Dr. C.J. — Boeing Scientific Research Lab., Seattle

Henrici, Prof. P. — ETH, Zürich

[illegible], Prof. [illegible] — T.U. [illegible]

Krause, Dr. H.G. — Marshall Space Flight Center, NASA, Huntsville

Morando, B. — Bureau des Longitudes, Paris

[illegible], Dr. J.F. — Boeing Scientific Research Lab., Seattle

Rabe, Prof. E. — Cincinnati Observatory, Cincinnati

Romberg, Prof. W. — Universität Trondheim (z.Zt. Univ. Heidelberg)

Schubart, Dr. J. — Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg

Stanek, B. — ETH, Zürich

Stiefel, Prof. E. — ETH, Zürich

Szebehely, Prof. V. — Yale University, New Haven

Thüring, Prof. B. — Technische Hochschule, Karlsruhe

Thüring, E. jun. — Universität Freiburg

Volk, Prof. O. — Universität Würzburg

Waldvogel, Dr. J. — ETH, Zürich

Walter, Dr. H.G. — ESOC, Darmstadt

Wielen, Dr. R. — Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg

Wilhelm, K. — Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig

Vortragsauszüge:

1. MATHEMATISCHE METHODEN IM n-KÖRPERPROBLEM

STIEFEL, E.: Principles of three-dimensional Regularization

Bei der Kollision eines Punktes mit einem Zentralkörper tritt in den zugehörigen Differentialgleichungen eine Singularität auf. Um diese wegzuschaffen, hat Levi-Civita 1906 für den Spezialfall ebener Bewegung des Partikels eine regularisierende Transformation angegeben, welche die Bewegungsgleichungen in lineare Differentialgleichungen überführt.

Im Oberwolfach-Kolloquium vom März 1964 wurde diese Situation diskutiert, und es entstand der starke Wunsch nach einer analogen Regularisierung für eine räumliche Bewegung des Partikels unter dem Einfluß von hinzutretenden Störkräften. Am Schluß der Tagung 1964 machte Herr Kustaanheimo einen ersten diesbezüglichen Vorschlag, basierend auf der Theorie der Spinoren. Seither ist die Theorie weiter entwickelt worden, und in diesem Vortrag wurden sowohl die mathematischen Grundlagen als auch eine bewährte analytische Störungstheorie geschildert.

WALDVOGEL, J.: Die räumliche Birkhoff-Regularisierung

Durch Zusammensetzung einer Inversion im 4-dimensionalen Parameterraum, der von E. Stiefel dargestellten verallgemeinerten Levi-Civita-Transformation und einer Inversion im 3-dimensionalen physikalischen Raum wird eine räumliche Erweiterung der Birkhoff-Transformation konstruiert. Damit lassen sich beide Anziehungszentren im räumlichen restringierten Dreikörperproblem regularisieren, auch wenn die beiden Hauptmassen sich auf Ellipsen bewegen.

GOUDAS, C.L.: Is there another Integral in the Restricted Problem?

Aufgrund der Vermutung von Contopoulos, daß ein solches Integral existieren könne, werden Voraussetzungen und Beweis des einschlägigen Satzes von Poincaré in diesem neuen Licht auseinandergesetzt. Der Vortragende kommt zum Schluß, daß es ein weiteres Integral $\Phi = c_2$ geben kann, welches die Bedingung $\nabla\Phi = k \cdot \nabla F$ ($F = c_1$: Energieintegral) auf allen periodischen Bahnen des restringierten Dreikörperproblems erfüllen müßte. Der Vortrag wird ergänzt durch viele Darstellungen von Familien solcher räumlich periodischer Bahnen.

DEPRIT, A.: An Analytic Manifold of Periodic Orbits

Für das Routhsche kritische Massenverhältnis im restringierten Dreikörperproblem werden die die Gleichgewichtsbahn in L_4 enthaltenden Familien periodischer Bahnen analytisch fortgesetzt. Der Vortragende geben, welche die Bewegungsgleichungen [illegible] linear[illegible] Differentialgleichung [illegible] überführt.

[illegible] Oberwolfach-Kolloquium [illegible] März 1961 wurde diese Situation diskutiert, und [illegible] stand der starke Wunsch nach einer analogen Regularisierung für [illegible] Bewegung des Partikels unter dem Einfluss von hinzutretenden [illegible] Störkräften. Am Schluss der Tagung 1961 machte Herr [illegible] Theorie der [illegible] Vorgehen, basierend auf der [illegible] Seither ist die Theorie weiter entwickelt worden, und in diesem Vortrag wurden sowohl die [illegible] Grundlagen als auch [illegible] erwähnt [illegible] die Störungstheorie [illegible].

WALDVOGEL, J.: Die räumliche Birkhoff-Regularisierung

Durch Zusammensetzung [illegible] Inversion im 4-dimensionalen Parameterraum, der von E. Stiefel [illegible] vorliegt [illegible] Levi-Civita-Transformation [illegible] 3-dimensionalen physikalischen Raum wird eine räumliche [illegible] der Birkhoff-Transformation konstruiert. Damit [illegible] beide Anziehungszentren im räumlichen restringierte[illegible] Dreikörperproblem regularisiert, auch wenn die beiden Hauptmassen sich auf Ellipsen bewegen.

GOUDAS, C.L.: [illegible] Integral [illegible] of the Restricted Problem?

[illegible] und der V[illegible] los, dass [illegible] Integral existieren könnte [illegible] und [illegible] des [illegible] Satzes von Poincaré [illegible] Licht [illegible]. Der Vortragende kommt zum Schluss, dass [illegible] ein weiteres Integral $\Phi = c_2$ geben kann, welches die Bedingung [illegible] $= k \cdot \nabla F$ ($F = c_1$: Energieintegral) auf allen periodischen Bahnen des restringierten Dreikörperproblems erfüllen müsste. Der Vortrag wird ergänzt durch viele Darstellungen von Familien solcher räumlich periodischer Bahnen.

[illegible], A.: An Analytic Manifold of Periodic Orbits

Für das Routhsche Kriterium [illegible] im restringierten Dreikörperproblem [illegible] Familien periodischer Bahnen [illegible] analytisch fortgesetzt. Der Vortragende erläutert die Struktur der ganzen Mannigfaltigkeit, die er mittels einer Verallgemeinerung der Hillschen Variationsgleichung berechnet hat. Er schildert außerdem die Verwendung der Variationsmethoden zum Auffinden solcher periodischer Bahnen.

RABE, E.: Die Verbindung numerischer und analytischer Methoden bei der Bestimmung periodischer Librationsbahnen und ihrer Stabilitäten

Die 1961 von E. Rabe im "Astronomical Journal" veröffentlichten periodischen Trojaner-Librationen langer Periode wurden durch numerische Integration nach Steffensen erhalten und dann durch harmonische Analyse als Fourier-Reihen dargestellt. Der Vortragende betrachtet nun diese periodischen Lösungen als intermediäre Bezugsbahnen für jene allgemeinen Librationen (um L_4 oder L_5), die auch kurzperiodische Oszillationen enthalten. Durch Berücksichtigung der Kuben der Abweichung vom Referenz-Trojaner werden gewisse Stabilitätsgrenzen für stabile, nichtperiodische Librationen hergeleitet. Dieselbe Methode führt ferner zur Feststellung der Existenz gewisser Familien periodischer Librationen, die auch (kommensurable) kurzperiodische Oszillationen enthalten.

SCHUBART, J.: Eine Näherungstheorie der kleinen Planeten der Hilda-Gruppe

Die etwa 20 zur Zeit bekannten Planeten der Hilda-Gruppe stellen der Himmelsmechanik eine besondere Aufgabe, weil ihre Umlaufzeiten nur wenig von 2/3 der Umlaufzeit des Planeten Jupiter abweichen. Die für die meisten Planetoiden brauchbare Theorie der säkularen Störungen versagt hier. In Analogie zu jener Theorie wird für den Fall der Hilda-Planeten eine Näherungstheorie entwickelt, die speziell für das Studium sehr langfristiger Änderungen geeignet ist. Dazu werden die Gleichungen des ebenen elliptischen restringierten Dreikörperproblems durch eine Mittelung vereinfacht und numerisch integriert. Man erhält so Lösungen, die im allgemeinen durch zwei sehr lange Perioden beeinflußt werden. Es ergeben sich keine Hinweise auf einen Zerfall der Hilda-Gruppe.

WIELEN, B.: Numerische Integration des n-Körperproblems für Sternhaufen

Zur Prüfung der analytisch-statistischen Theorien der Stellardynamik wird die dynamische Entwicklung von Sternhaufenmodellen dadurch hypothesenfrei ermittelt, daß die Bahnen aller Sterne durch numerische Integration der Differentialgleichungen des n-Körperproblems berechnet werden. Zur numerischen Integration wurde die Adamssche Interpolationsmethode verallgemeinert, indem variable und individuelle Schrittweiten eingeführt wurden. Man erreicht damit eine erhebliche Reduktion des Rechenaufwandes gegenüber den bisher verwendeten Verfahren. Die Integrationsmethode wurde mit Erfolg auf Sternhaufen mit 100 Sternen angewendet. Als Beispiel der physikalischen Resultate dieser Rechnungen wird die Anzahl der aus dem Sternhaufen entweichenden Sterne diskutiert.

THÜRING, B.: Das Fundamentalkoordinatensystem

Die bisherige Definition des astronomischen Fundamentalkoordinatensystems (FKS) weist logische Unzulänglichkeiten auf (Verwendung von Hypothesen). Dies äußert sich schon seit langem im Wunsch, die Newcombschen Präzisionskonstanten m, n zu verbessern. Der Vortragende gibt eine neue Definition des astronomischen FKS an, in welcher m und n aufgrund des Sternkatalogs FK 4 so bestimmt sind, daß die Anzahl der Sterne mit der Eigenbewegung Null ein Maximum wird.

II. BESTIMMUNG, OPTIMIERUNG, STÖRUNG UND KORREKTUR VON BAHNEN KÜNSTLICHER HIMMELSKÖRPER

WALTER, H.G.: Bestimmung der Bahnparameter eines Erdsatelliten durch differentielle Korrektur

Zur exakten Wiedergabe der Bahn eines künstlichen Satelliten ist gewöhnlich das die Dynamik der Bahnbewegung beschreibende mathematische Modell trotz Einbeziehung von Störungstheorien nicht ausreichend. Eine genaue Ermittlung der Bahnelemente muß vielmehr zusätzlich den Informationsgehalt der Satellitenbeobachtungen benützen, was durch eine Ausgleichung der vermittelnden Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate

WIELEN, R.: Numerische Integration des n-Körperproblems für Sternhaufen

Zur Prüfung der analytisch-statistischen Theorie der Stellardynamik wird die dynamische Entwicklung von Sternhaufen-Modellen dadurch hypothesenfrei ermittelt, daß die Bahnen aller Sterne durch numerische Integration der Differentialgleichungen des n-Körperproblems berechnet werden. Zur numerischen Integration wurde die Adamssche Interpolationsmethode verallgemeinert, indem variable und individuelle Schrittweiten eingeführt wurden. Man erreicht damit eine erhebliche Reduktion des Rechenaufwandes gegenüber den bisher verwendeten Verfahren. Die Integrationsmethode wurde mit Erfolg auf Sternhaufen mit 100 Sternen angewendet. Als Beispiel der physikalischen Resultate dieser Rechnungen wird die Anzahl der aus dem Sternhaufen entwichenen Sterne diskutiert.

THÜRING, B.: Das Fundamentalkoordinatensystem

Die bisherige Definition des astronomischen Fundamentalkoordinatensystems (FKS) ist logisch unzulänglich (Verwendung von Hypothesen). Dies äußert sich schon [illegible] im Versuch, die Bewegungen [illegible] Fixsternbewegungen [illegible] zu [illegible]. Der Vortragende gibt eine neue Definition des astronomischen Inertialsystems [illegible] und [illegible] der Orientierungswinkel so bestimmt sind, daß die Anzahl der Sterne mit der Eigenbewegung Null ein Maximum wird.

4. BESTIMMUNG, OPTIMIERUNG, STEUERUNG UND KORREKTUR VON BAHNEN KÜNSTLICHER HIMMELSKÖRPER

WAGNER, H. G.: Bestimmung der Bahnparameter eines Erdsatelliten durch differentielle Korrektur

Zur exakten Wiedergabe der Bahn eines künstlichen Satelliten ist gewöhnlich das die Dynamik der Bahnbewegung beschreibende mathematische Modell trotz Einbeziehung von Störungstheorien nicht ausreichend. Eine genaue Ermittlung der Bahnelemente muß vielmehr zusätzlich den Informationsgehalt der [illegible] Bahnbeobachtungen berücksichtigen, was durch eine Ausgleichung der vermittelnden Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate erreicht werden kann.

Es wird ein dynamisches Bahnmodell aufgestellt, das die theoretischen und die empirisch aus den Beobachtungen bestimmten Störglieder umfaßt. Die zu verarbeitende Vielfalt von Beobachtungstypen wird durch geeignete orthogonale Transformationen auf eine einheitliche Basis gestellt. Durch eine Varianz- und Kovarianzanalyse werden die Streuungen der Beobachtungen mit denjenigen der Bahnparameter verknüpft.

GOLDSTEIN, A.A. und J.F. PRICE: Computation of Optimal Controls in Orbital Rendezvous

Optimierungsprobleme, insbesondere die Steuerung von Raumfahrzeugen unter minimalem Treibstoffverbrauch, sind schon früher behandelt worden und konnten durch Anwendung von Gradientenmethoden auf eine Funktion von 7 Variablen numerisch gelöst werden. Wegen der sehr schlechten Konvergenz solcher Verfahren entwickelten die Verfasser einen neuen Algorithmus zur Minimisierung von C^2-Funktionen w in E^n, bei dem nur numerische Informationen über w und ∇w gebraucht wird. Die Methode zeichnet sich durch ihren rein algebraischen Aufbau aus (z.B. muß nie das Minimum einer Funktion in einer Variablen berechnet werden). Vergleiche mit dem Verfahren von Fletcher und Powell, einer der besten bekannten Methoden, fallen sehr günstig aus.

BOCKEMÜLLER, E.A.: Zum Problem der Berechnung der Zeitabhängigkeit bei gestörter Keplerbewegung

Zur genäherten Berechnung einer Satellitenbahn unter dem Einfluß der abgeplatteten Erde verwendet der Vortragende die speziellen Koordinaten

$$u = \frac{1}{r}, \quad w = \frac{z}{r}, \quad \Omega = r^2 \frac{d\varphi}{dt},$$

wobei r, φ die Polarkoordinaten der Projektion des Satelliten auf die Äquatorebene sind und z seine Kote ist. Wird die Entwicklung des Erdpotentials nach dem J_2-Glied abgebrochen, und beschränkt man sich auf Störungen erster Ordnung, so lassen sich die zugehörigen Differentialgleichungen durch elementare Funktionen und durch Quadraturen lösen.

WILHELM, K.: <u>Ballistische Aspekte bei Störung durch Erdabplattung</u>

Bei der Berechnung einer relativ kurzen Freiflugphase wird die Hauptstörung einer Satellitenbahn durch die Erdabplattung hervorgerufen, sofern jene sich in Höhen von etwa 100 km befindet. Mit Hilfe eines analytischen Näherungsverfahrens wird die Änderung der Reichweite im gestörten Fall gegenüber dem Keple r-Fall bestimmt. Es zeigt sich, daß für die Abweichung bei kleinen Reichweiten die kurzperiodischen Glieder maßgebend sind, während für Reichweiten, die einem vollen Umlauf nahe kommen, die säkularen Glieder die größere Bedeutung haben.

BOLLERMANN, W.: <u>Zur Lösung von Lenkaufgaben bei Raumsonden</u>

Die durch kontinuierliche Schübe $\vec{F}(t)$ gestörte Bahn $\vec{r}(t)$ einer Raumsonde im Planetensystem wird für kleine Zeiten t näherungsweise durch

$$\vec{r}(t) = \vec{q}(t) + \vec{w}(t) - \vec{w}(0) - \dot{\vec{w}}(0) \cdot t$$

dargestellt [$\vec{q}(t)$: ungestörte Bahn, nur durch Gravitationskräfte beeinflußt; $\vec{w}(t)$: Lösung von $\ddot{\vec{w}} = \vec{F}(t)$]. Es wird ein Iterationsverfahren zur Verbesserung dieser Näherung angegeben. Mit der Wahl $\vec{F}(t) = (\vec{c}_1 + \vec{c}_2\ f(t))/(t-\tau)$ verfügt man über die nötigen 6 Parameter, um die vollständige Lenkaufgabe (Anfliegen eines vorgegebenen Punktes zu bestimmter Zeit unter Einnahme einer dort verlangten Geschwindigkeit) zu lösen. Anwendungen: weiche Landung, Rendezvous, Bahnkorrektur.

III. DIE GESTALT DES ERDKÖRPERS

KRAUSE, H.G.: <u>Theory for a Refined Earth Figure Model</u>

Die Erdoberfläche $R = R(\Phi, \lambda)$ [Φ, λ: geographische Breite bzw. Länge] wird als eine spezielle Niveaufläche des Erdpotentials $U(r, \Phi, \lambda)$ definiert. Geht man vom rotierenden dreiachsigen Erdmodell aus, und verwendet man für $U(r, \Phi, \lambda)$, $R(\Phi, \lambda)$ die Entwicklungen nach Kugelfunktionen, so ergeben sich quantitative Beziehungen zwischen den Abplattungskoeffizienten und den geometrischen und gravitationellen Parametern der Erde, speziell zwischen den Abplattungskoeffizienten ungerader Ordnung und der Differenz aus nördlichem und südlichem polaremRadius.

Die vom Vortragenden entwickelte Theorie führt auch zu einer genaueren Form des Clairautschen Satzes über die Gestalt der Erde.

KOLLOQUIUM

Die Tagung wurde abgeschlossen durch ein sehr anregendes Kolloquium über das n-Körperproblem. Herr Szebehely eröffnete das Gespräch, indem er einige konkrete Probleme stellte, nämlich:

1. Die Frage der Existenz eines 11. Integrals unter speziellen Bedingungen.
2. Das Problem der Bildung von Doppelsternen in Sternhaufen.
3. Im Zusammenhang damit die Frage der starken Annäherung von Körpern überhaupt und das Problem der Regularisierung.
4. Kommentare über die Genauigkeit der Integration numerischer Information, speziell in Abhängigkeit von der Körperzahl; Zuverlässigkeit der Kontrolle durch das Jacobi-Integral.

Es ist unbestritten, daß kleine Änderungen der Anfangsbedingungen infolge des Auftretens naher Vorbeigänge die Entwicklung des Sternhaufens in mikroskopischer Hinsicht sehr stark beeinflussen können. Es wird jedoch betont, daß dies für die makroskopische Variation nicht zu gelten braucht.

Die Herren Szebehely, Thüring, Deprit und Wielen teilen interessante Beispiele von durchgeführten n-Körper-Integrationen mit.

Die Fragen zuverlässiger numerischer Integration bei Sternhaufen mit vielen Individuen sind noch weitgehend ungeklärt.

Am Schluß der Tagung wird beschlossen, diesmal keine Tagungsberichte in Buchform herauszugeben, da die meisten Beiträge anderswo publiziert werden.

J. Waldvogel (Zürich)

Die von [illegible] vorgetragenden entwickelte Theorie führt auch zu einer genaueren Form [illegible] Sätzen über die Gestalt der Erde.

[illegible]

Die Tagung wurde [illegible] durch ein sehr anregendes Kolloquium über das n-Körperproblem. Herr Szebehely eröffnete das Gespräch, indem er [illegible] konkrete Probleme stellte, nämlich:

1. Die Frage der Existenz eines 11. Integrals unter speziellen Bedingungen.
2. Das Problem der Bildung von Doppelsternen in Sternhaufen.
3. Im Zusammenhang damit die Frage der starken Annäherung von Körpern überhaupt und das Problem der Regularisierung.
4. Kommentare über die Genauigkeit der Integration numerischer Informationen, speziell ihre Abhängigkeit von der Körperzahl; Zuverlässigkeit der Kontrolle durch das Jacobi-Integral.

Es wurde betont, daß kleine Änderungen der Anfangsbedingungen infolge [illegible] Verbindung die Entwicklung des Sternhaufens [illegible] beeinflussen können. Es wird jedoch [illegible] für die makroskopische Variation nicht zu gelten brauchen.

Die Herren Szebehely, Thüring, [illegible] und Wielen teilten interessante Beispiele von durchgeführten n-Körper-Integrationen mit.

Die Frage der zuverlässiger numerischer Integration bei Sternhaufen mit vielen Individuen sind noch weitgehend ungeklärt.

Am Schluß der Tagung wird beschlossen, diesmal keine Tagungsberichte in Druckform herauszugeben, da die meisten Beiträge anderweitig publiziert werden.

J. Waldvogel (Zürich)