

Verslag van een studieverblijf in de U.S.A. ten behoeve van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek ZWO

Citation for published version (APA):

van der Wolf, A. C. H. (1969). *Verslag van een studieverblijf in de U.S.A. ten behoeve van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek ZWO*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0222). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1969

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

*Verslag van een studieverblijf in de U.S.A.
ten behoeve van de Nederlandse Organisatie
voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek ZWO.*

Nuenen, 11 september 1969.

Dr. ir. A.C.H. van der Wolf.

Het doel van deze studiereis was de bestudering van de eigenschappen en het gedrag van gereedschapswerktuigen speciaal met betrekking tot het probleem van de stabiliteit. Ook de ontwerp-fase van het gereedschapswerktuig, in het bijzonder het "computer-aided design", zou in de studie betrokken worden. De studie zou uitgevoerd worden aan de "University of Cincinnati", Cincinnati, Ohio, U.S.A.

Na aankomst werd allereerst ruime aandacht besteed aan het programmeren in de FORTRAN-IV taal. Naast literatuurstudie (1), (2), werd ervaring en oefening vooral verkregen via de cursus "Computer-Aided Design and Manufacturing I". Het grote nut van deze cursus was de kennismaking met nieuwe rekentechnieken die men nodig heeft indien men ingenieursproblemen "computermatig" wilt benaderen. Een relevant voorbeeld hiervan is de oplossing van balkproblemen in de lineaire elasticiteitstheorie. De toepassing van de bekende "vergeet-mij-nietjes" leidt hier tot onnodig ingewikkelde computerprogramma's waar reeksoplossingen volgens McLaurin zeer bruikbare en doorzichtige programma's opleveren. Een ander aspect, waaraan aandacht werd besteed in deze cursus, was het efficiënt gebruik van computers. Een tweemaal zo fijn netwerk geeft bij oplossing van de spanningsvergelijking van Prandtl slechts een 4% betere oplossing voor de doorzakking in het midden van een vierkant, terwijl dit in het onderhavige programma toch een overgang van 9 op 47 meetpunten betrof.

Ook het kiezen van betere startwaarden bij iteratieve programma's is in dit verband belangrijk. Deze cursus werd besloten met enkele voorbeelden uit de literatuur (3), (4).

Om de gehele "computer-aided-design"-studie wat meer te richten op de ontwerp-fase van het gereedschapswerktuig werden daarna de cursussen "Matrix and Computer Methods of Structural Dynamics I & II" gevolgd, waarbij computerprogramma's voor het berekenen van het dynamisch gedrag van complexe mechanische systemen het uiteindelijk doel waren. Begonnen werd hier met de behandeling van een aantal mathematische onderwerpen zoals matrixalgebra, coördinatentransformatie, eigenwaarden en eigenvectoren o.a. aan de hand van literatuur (5).

Vervolgens is de dynamische analyse van eenvoudige balken en assen door middel van zowel de "Transfer Matrix Method" als de "Displacement Method" behandeld. Tenslotte zijn na een bespreking van de "Sub-structure Techniques" programma's voor meer ingewikkelde mechanische systemen behandeld. Literatuur (6) geeft een goed overzicht van de in deze cursus behandelde onderwerpen.

Daar door omstandigheden het dynamisch onderzoek van gereedschapswerktuigen aan de "University of Cincinnati" stopgezet was, werd een gedeelte van de tijd gewerkt bij het bedrijf SDRC, dat gespecialiseerd was in het dynamisch testen van complexe mechanische systemen. Alhoewel hier niet altijd een gereedschapswerktuig het voorwerp van onderzoek was, zijn de gebruikte methoden toch direct toepasbaar op een dergelijke werktuig.

Een bijzonder aardig onderzoek waaraan werd deelgenomen was de analyse van een meerpuntsschrijver. Begonnen werd met een experimentele analyse ten einde numerieke waarden te verkrijgen voor alle parameters die een significant effect hadden op het servo-gedrag van de schrijver. Tot deze parameters werden gerekend: de overdrachtsfuncties van versterker en motor; en van het schrijvergedeelte zelf: de massa-traagheid, de stijfheid, de wrijving, en de speling. In een volgende fase van het onderzoek zijn deze numerieke waarden gebruikt in verschillende mathematische modellen van het systeem, waarbij getracht werd de zwakke punten van de schrijver op te sporen en te verbeteren. Het is juist deze laatste studie geweest, waarbij ondergetekende zijn kennis en vaardigheid betreffende het vormen van modellen aanzienlijk heeft kunnen opvoeren. De modelstudie is uitgevoerd op een digitale rekenmachine met behulp van het "Com-Share's Online Simulation System". Bij het werk verricht op het bedrijf SDRC is veelvuldig gebruik gemaakt van literatuur (7), (8), (9).

Het bezoek aan de diverse bedrijven en congressen vormde een zinvol en leerzaam onderdeel van de studiereis.

Tenslotte zou het van onvolledigheid getuigen indien dit verslag zou suggereren dat deze studiereis slechts een technische betekenis

heeft gehad. De mogelijkheid om gedurende tien maanden kennis te kunnen nemen van een totaal andere wereld is voor ondergetekende en zijn gezin een boeiende levenservaring geweest. Vooral hiervoor wilde ondergetekende gaarne zijn dank betuigen aan de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek ZWO en de Technische Hogeschool te Eindhoven zonder wier medewerking en financiële steun deze reis niet mogelijk zou zijn geweest.

Nuenen, 11 september 1969.

Dr.ir. A.C.H. van der Wolf.

LITERATUUR:

1. PENNINGTON, RALPH H.: *Introductory Computer Methods and Numerical Analysis*. The Macmillan Company, New York, Fifth Printing, 1968, pp. 114-134.
2. McCracken, DANIEL D.: *A Guide to FORTRAN IV Programming*. John Wiley & Sons, Inc., New York, Third Corrected Printing, August 1968.
3. JAMES, M.L., SMITH, G.M., WOLFORD, J.C.: *Analog and Digital Computer Methods in Engineering Analysis*. International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania, Second Printing, September 1965.
4. GIBSON, J.E.: *Nonlinear Automatic Control*. McGraw-Hill Book Company, p. 244.
5. FADDEEVA, V.N.: *Computational Methods of Linear Algebra*. Dover Publications, Inc., New York, 1959.
6. WEAVER, Jr., WILLIAM: *Computer Programs for Structural Analysis*. D. van Nostrand Company, Inc., Princeton, New Jersey, 1967.
7. SAVANT, Jr., C.J.: *Control System Design*. McGraw-Hill Book Company, New York, Second Edition, 1964.
8. McLEOD, JOHN: *Simulation, the Modeling of Ideas and Systems with Computers*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1968.
9. WALTERS, R.: *Hydraulic and Electro-Hydraulic Servo Systems*. CRC Press, Cleveland, OHIO, 1967.

*Kort rapport van werkzaamheden gedurende de periode
10 september - 30 november 1968.*

De eerste twee weken van deze periode zijn voornamelijk gebruikt om geïnformeerd te raken over het onderwijs- en researchsysteem van de "University of Cincinnati" in het algemeen en dat van het "Department of Mechanical Engineering" in het bijzonder.

Vervolgens zijn ongeveer drie weken besteed aan het leren programmeren van digitale rekenmachines volgens de FORTRAN IV methode. Aan het einde van deze drie weken zijn enkele eenvoudige programma's gemaakt en uitgevoerd op de digitale rekenmachine IBM 7040.

De resterende tijd van deze periode is geheel gewijd aan de cursus "Computer-Aided Design and Manufacturing I".

De onderwerpen die hierbij ter sprake kwamen, waren:

- McLaurin's Series Solution for Elastic Beam Deflections,*
- Matrix Inversion,*
- Matrix Multiplication, Addition, and Subtraction,*
- GAUSS-JORDAN Method for the Solution of a Number of Equations,*
- Finite Difference Equations,*
- Beam on an Elastic Foundation,*
- Solution of Simultaneous Equations Associated with Difference Equations,*
- Stress Function of PRANDTL,*
- Relaxation,*
- LAPLACE's Heat Transfer Equation.*

De besproken stof is voor een aantal gevallen nader uitgewerkt door het opstellen en uitvoeren van programma's op de IBM 7040.

Tenslotte zijn door ondergetekende nog een aantal lezingen bijgewoond, welke in het kader van genoemde cursus gegeven werden.

De lezingen hadden betrekking op het gebruik van rekenmachines in de industrie en werden verzorgd door gastsprekers van GENERAL ELECTRIC.

*Kort rapport van werkzaamheden gedurende de periode
1 december 1968 - 28 februari 1969.*

De eerste twee weken van deze periode zijn nog gebruikt voor het afronden van de cursus "Computer-Aided Design and Manufacturing I" zoals deze in het vorige rapport van werkzaamheden is omschreven.

De resterende tijd van deze periode is voor een deel doorgebracht bij het bedrijf STRUCTURAL DYNAMICS RESEARCH CORPORATION (SDRC) te Cincinnati en voor een ander deel op de "University of Cincinnati".

SDRC is een bedrijf dat nauw samenwerkt met de "University of Cincinnati" en dat zich gespecialiseerd heeft in het dynamisch testen van complexe mechanische systemen. De drie belangrijkste onderzoeken waaraan in dit bedrijf werd deelgenomen, waren:

- het bepalen van de dynamische karakteristieken van pneumatisch handgereedschap,*
- het doormeten van een "Servo D.C. Motor" voor de aandrijving van een numeriek bestuurd tafel van een gereedschapswerktuig,*
- het testen en doormeten van een meerpuntsschrijver.*

Voor het laatste onderzoek werd een modelstudie uitgevoerd op een digitale rekenmachine met behulp van het "time-sharing" systeem. De tijd doorgebracht op de "University of Cincinnati" werd geheel besteed aan de cursus "Matrix and Computer Methods of Structural Dynamics I". De onderwerpen die in deze cursus ter sprake kwamen, waren:

- Review of Matrix Algebra,*
- Coordinate Transformation,*
- Methods of Computation of Determinant,*
- Methods of Solution of Linear Equations,*
- Evaluation of Eigenvalues and Eigenvectors,*
- Computer Algorithms and Numerical Errors in Computer Calculation,*
- State Variables,*

- *Transfer Matrices,*
- *Dynamic Analysis of Continuous Beams and Shafts by Transfer Method.*

De cursusstof is voor een beperkt aantal gevallen nader uitgewerkt.

Tenslotte zijn door ondergetekende in deze periode de volgende bedrijven bezocht:

- *The LODGE & SHIPLEY CO., Cincinnati, OHIO,*
- *The CINCINNATI GILBERT MACHINE TOOL CO.,*
- *The CINCINNATI MILLING MACHINE CO.,*
- *CUMMINS ENGINE CO., Columbus, INDIANA.*

*Kort rapport van werkzaamheden gedurende de periode
1 maart - 31 mei 1969.*

Deze periode is, evenals de vorige, voor een deel doorgebracht bij het bedrijf STRUCTURAL DYNAMICS RESEARCH CORPORATION (SDRC) te Cincinnati en voor een ander deel op de "University of Cincinnati".

De tijd bij het genoemde bedrijf is voornamelijk besteed aan modelstudies van onderdelen van een servosysteem (dampings- filters, ingangsfilters, versterkers, motoren). Deze studies werden steeds uitgevoerd op een digitale rekenmachine met behulp van het "time-sharing" systeem. Hierbij werd gebruik gemaakt van bestaande programma's voor het onderzoek van dergelijke systemen zowel in het frequentiedomein, als in het tijddomein. De tijd doorgebracht op de "University of Cincinnati" werd gedeeltelijk besteed aan de cursussen "Matrix and Computer Methods of Structural Dynamics I & II", waarbij de volgende onderwerpen ter sprake kwamen:

- Algorithms for Computer Programs Using Transfer Matrices,*
- Introduction of Viscous Damping,*
- Dynamic Stiffness Matrix for a Planar Beam,*
- Dynamic Stiffness and Mass Matrices for a Planar Beam Element,*
- Dynamic Equations for Planar Framed Structures,*
- Steady State Response of Elastic Structures,*
- Natural Frequencies and Mode Shapes,*
- Response Resulting from Impulsive Forces,*
- General Formulation for Dynamic Analysis with Damping,*
- Damping Matrix Proportional to Mass,*
- Damping Matrix Proportional to Stiffness,*
- Sub-structure Techniques,*
- Combination of Transfer Matrix and Displacement Methods.*

Een ander gedeelte van de tijd doorgebracht op de "University of Cincinnati" werd besteed aan een dynamisch torsieonderzoek van de assen van een tandwielkast, welke diende voor de aandrijving van een draaibank.

Verder werd in deze periode aan de volgende congressen deelgenomen:

- INTERNATIONAL MACHINE TOOL SEMINAR, Cincinnati, OHIO.

De nadruk werd hier gelegd op de methoden van onderzoek van gereedschapswerktuigen en bewerkingstechnieken.

- ASME VIBRATIONS CONFERENCE, Philadelphia, PENNSYLVANIA.

Lezingen en demonstraties die bijgewoond zijn, hadden betrekking op "Random Vibrations" en "System Modeling and Machine Tool Vibrations".

In deze periode zijn nog de volgende bedrijven bezocht:

- U.S. STEEL CLAIRTON WORKS, Pittsburgh, PENNSYLVANIA,

- AMERICAN TOOL WORKS, Cincinnati, OHIO,

- ENGINEERING LABORATORY OF PROCTER & GAMBLE CO., Cincinnati, OHIO.

*Kort rapport van werkzaamheden gedurende de periode
1 juni - 4 juli 1969.*

Deze periode is geheel doorgebracht op de "University of Cincinnati".

Een gedeelte van de tijd is besteed aan het afronden van de cursussen "Matrix and Computer Methods of Structural Dynamics I & II".

Verder zijn in deze periode programma's voor het berekenen van twee typen dempers voor gereedschapswerktuigen ("tuned absorber" en "fluid film damper") ontwikkeld en getest.

Tenslotte is in deze periode door ondergetekende het volgende instituut bezocht:

- BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE, Columbus, OHIO.