

Verslag over het project Wiskundige Taal Automath

Citation for published version (APA):

Bruijn, de, N. G. (1978). *Verslag over het project Wiskundige Taal Automath: in het bijzonder t.a.v. de periode van ZWO-subsidie 1971-1976*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1978

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 over het project Wiskundige Taal AUTOMATH

in het bijzonder t.a.v. de periode van ZWO-subsidie 1971 t.e.m. 1976.

1. Inleiding. Aan het project Wiskundige Taal AUTOMATH wordt aan de TH Eindhoven gewerkt sinds 1967. Gedurende de jaren 1971 t.e.m. 1976 is op vrij grote schaal door ZWO steun verleend. Het is over het d.m.v. die subsidies verrichte werk dat in dit verslag gerapporteerd dient te worden, maar dat werk is niet los te maken van de door de THE geleverde bijdragen. Laatstgenoemde bijdragen zijn niet afgesloten, en stoelen duidelijk voor een groot deel op de resultaten van de ZWO-subsidies. Dit is geheel in overeenstemming met de vaak geuite gedachte dat ZWO initiërend dient te werken en dat bij gebleken levensvatbaarheid de financiering door de eerste geldstroom moet worden overgenomen.
2. Doelstellingen van het project. Deze werden geformuleerd in de subsidieaanvraag van 26 januari 1971. Een copie van die formulering gaat als Bijlage 1 bij dit verslag. In dezelfde aanvraag werd een lijst opgesteld van deelprojecten die zouden kunnen worden bewerkt in de periode van 5 jaar waarover ZWO-bijdragen werden gevraagd. Deze lijst is als bijlage 2 aan dit verslag toegevoegd. Een evaluatie van het aan deze deelprojecten verrichte werk wordt gegeven in § 5 van dit verslag.
3. Personeel ZWO. De door ZWO gesalarieerde personeelsleden zijn nagenoeg uitsluitend voor het project werkzaam geweest. Hun enige onderwijstaken lagen bij enkele gevallen van begeleiding van studenten die stages verrichtten in AUTOMATH.
 - a) Wetenschappelijke medewerkers:

Ir. I. Zandleven	9 nov. 1971 - 1 jan. 1977
Drs. R. de Vrijer	1 feb. 1972 - 1 juli 1972
Ir. D.T. van Daalen	1 juli 1972 - 1 jan. 1977
Dr. J.I. Zucker	1 nov. 1973 - 1 jan. 1976
Drs. A. Kornaat	1 jan. 1974 - 1 jan. 1977
 - b) Programmeurs:

J.B. Jonker	1 feb. 1972 - 1 okt. 1975 (vanaf 1 nov. 1974 slechts halve dagtaak)
J.B.M. van Hoek	1 nov. 1974 - 1 jan. 1976 (tot 1 okt. 1975 slechts halve dagtaak)

c) Secretaressen:

H. van Helden-Verdiesen 19 feb. 1973 - 1 nov. 1974

Y. Kornaat-van Benthem 19 aug. 1974 - 1 jan. 1976.

4. THE personeel. Het door de THE gesalarieerde personeel is in principe slechts voor een deel van de werktijd voor het project beschikbaar geweest. In enkele gevallen is voor een korte periode de volle werktijd ter beschikking gesteld.

Prof.dr. N.G. de Bruijn (projectleider) is belast met onderwijs en onderzoek op een aantal terreinen die ver van het project afstaan. Zijn grootste activiteit in het project lag in de jaren 1967 t.e.m. 1970 en vanaf 1977.

Dr. L.S. van Benthem Jutting besteedt vanaf 1967 gemiddeld ongeveer 50% van zijn werktijd aan het project.

Dr. R.P. Nederpelt was vanaf 1969 tot zijn promotie (voorjaar 1973) zeer sterk bij het werk betrokken. In de volgende periode tot midden 1977 werd hij geheel door andere taken in beslag genomen. Vanaf 1977 besteedt hij weer een deel van zijn tijd aan met het project verwante zaken.

Ir. R.M.A. Wieringa werd op 1 sept. 1978 in tijdelijk dienstverband als wetenschappelijk assistent aangesteld, en zal bijna uitsluitend voor het project en daarmee verwante onderwijstaken werken.

In enkele gevallen kon de THE voor korte perioden personeel salariëren ten bate van concreet aanwijsbare, in korte tijd te beëindigen deeltaken. Zo konden ir. I. Zandleven (1 jan. 1977 - 1 mei 1977), drs. A. Kornaat (1 jan. 1977 - 1 jan. 1978) na afloop van hun ZWO-periode nog enige tijd in THE verband doorwerken. Ir. L. Bondam werd voor een groot deel van het jaar 1976 aangesteld (13 mei 1976 - 1 jan. 1977), maar was door persoonlijke omstandigheden slechts enkele maanden actief. Op 17 juli 1978 werd Mevr. E. Hemerik-van Holtz voor de tijd van een jaar met gedeeltelijke (7/10) werktijd aangesteld voor programmeurswerk. Daarvóór (in mei 1978) was zij reeds als studentassistente voor het project werkzaam geweest.

Een niet onbelangrijke hoeveelheid werk werd verricht door studenten, meestal in de vorm van korte stages, in enkele gevallen als afstudeerwerk. Deze bijdragen zijn vermeld in § 4.

Voor ponswerk van het soort dat in de ZWO-periode door de secretaresse werd verricht, kon na die periode in enkele gevallen met succes een beroep worden gedaan op het Rekencentrum van de THE.

4. Bijdragen van studenten. In de loop van de jaren heeft een 25-tal studenten aan het werk deelgenomen d.m.v. het verrichten van stages e.d. Meestal volgden zij het college "Wiskundige Talen", en i.p.v. formeel tentamen over de collegestof kregen zij een onderwerp te bewerken waaraan ongeveer 80 uur werd besteed. In vele gevallen was dit voldoende om één der AUT-talen te leren, en daarin een stukje wiskunde (na voldoende detaillering) te beschrijven, deze tekst via een terminal aan het verificatieprogramma aan te bieden, en na het aanbrengen van correcties een definitieve door de computer goedgekeurde tekst te verkrijgen.

De onderwerpen worden hier opgenoemd gerangschikt naar het karakter van de bijdragen.

a) Bijdragen van taaltheoretische aard:

1. Studie VAT68 en VAT70.
2. Definitie van AUT-68-SYNT.

b) Bijdragen aan programmatuur:

1. Beschrijving van PAL-procedures.
2. Implementatie naamvrije lambda-calculus.
3. Programmeerwerk vertaler AUT-II.
4. Syntaxchecker AUT-II.
5. Verifying AUT-QE with the VERA-program.
6. Het vermijden van clash van variabelen in de procedure "Write an expression".

c) Wiskunde in AUTOMATH:

1. Twee verschillende behandelingen van verzamelingstheorieën in AUTOMATH.
2. Opzet groepentheorie.
3. Cyclen en aantallen punten en lijnen in grafen.
4. Equivalentie-relaties.
5. De stelling van König-Hall.
6. Eindige verzamelingen.
7. Een toepassing van AUT-QE in een bewijs voor de pijltjes calculus.
8. Axiomatische opzet lineaire algebra.
9. Automatische produceren van AUT-texten over arithmetiek.
10. Binaire optelling en vermenigvuldiging in AUT-QE.
11. Eindige verzamelingen in AUT-QE.
12. De invoering van sinus en cosinus in AUT-II.
13. Irrationaliteit van π .
14. Representatie van reële getallen als oneindige rijtjes symbolen 0 en 1.

Naast deze kleinere bijdragen moeten twee gevallen worden vermeld waarbij studenten hun afstudeerwerk (9 maanden) aan het project wijdden. De verslagen daarvan zijn genoemd onder AUT 28 en AUT 58 in de lijst van bijlage 3.

5. Evaluatie van de uitvoering van het vijfjarenplan. In de subsidieaanvraag van 26 januari 1971 werd een programma voor 5 jaar aangegeven dat als bijlage 2 bij het huidige verslag gaat. Puntsgewijs wordt nu aangegeven in welke mate het is gerealiseerd.

(i) Reeds in 1972 kwam een taalverificator voor de talen AUTOMATH (1968) en AUT-QE gereed waarmee ervaringen konden worden opgedaan betreffende zoekstrategieën. Aan de hand van die ervaringen werd besloten niet tot het uiterste te gaan in de richting van automatisch beheersbare strategieën. In plaats daarvan werd gestreefd naar perfectionering van een conversationeel systeem waarmee de operateur aanwijzingen kan geven aan de computer over de richtingen die de verificator in zou moeten slaan. In de praktijk bleek dat zulke aanwijzingen slechts zelden nodig zijn. Veel talrijker zijn de gevallen waarin de computer de weg niet ziet ten gevolge van fouten die de aanbieder in de tekst maakte, en waarvoor het conversationele systeem bijna onmisbaar is.

Vanaf 1975 werd gewerkt aan een geheel nieuw programma, VERA genaamd, dat niet alleen AUT 1968 en AUT-QE verifieert, maar klaar staat voor een veel grotere groep van AUTOMATH-achtige talen, in het bijzonder de in 1974 ontwikkelde taal AUT-II. Tevens diende dit programma het geheugenbeheer te organiseren voor de zeer grote hoeveelheid wiskundige informatie die vaak min of meer simultaan paraat moet zijn. Verdere doelstellingen waren het perfectiëren van het conversationele systeem en het zodanig overzichtelijk maken van het verificatieprogramma dat er te denken is aan het leveren van formele bewijzen dat de taalverificator met taaldefinitie overeenstemt.

Dit VERA-project is in omvang tegengevallen. Het was niet af toen ir. Zandleven op 1 mei 1977 het project verliet. Daarna heeft drs. Kornaat er zijn kracht aan gegeven. Het kwam daardoor in elk geval zó ver klaar dat AUT-QE er mee kon worden geverifieerd, en inderdaad is de Landau-vertaling (in AUT-QE) er nog eens geheel mee doorgenomen. Dit laatste was niet overbodig, want de oude verificator bevatte principiële fouten die in de praktijk geen last veroorzaakten maar natuurlijk niet mochten worden getolereerd. Deze fouten lagen op het gebied van de "name-clash" bij lambda calculus. VERA berust op de "naamvrije lambdacalculus", waarbij fouten van dat soort geheel zijn uitgesloten.

Sinds begin 1978 wordt door L.S. van Benthem Jutting, met hulp van een programmeur, hard gewerkt aan de voltooiing van het VERA-project voor de talen AUT-QE-SYNT en AUT-II.

(ii) Aan het leveren van een bewijs dat de taalverificator geheel met de taaldefinitie overeenstemt, is niets gebeurd. Weliswaar is de weg er enigszins toe bereid door de opbouw van het VERA-programma, maar de noodzaak dit programma operationeel te maken heeft steeds een hogere prioriteit moeten hebben dan bewijzen als zoëven genoemd. Dat deze vraag naar correspondentie tussen taaldefinitie en verificator niet geheel naar de achtergrond is geschoven blijkt uit de organisatie van de uitgebreide lambdacalculus die in 1977 is opgezet (zie AUT 58 en AUT 59 uit de literatuurlijst van bijlage 3), en waarbij de elementaire reductiestappen direct overeen zouden kunnen stemmen met basisprocedures uit een verificatieprogramma.

(iii) De organisatie van geheugenbeheer is in het VERA-programma perfect tot stand gekomen.

(iv) In 1974 werd besloten om J.I. Zucker's AUT-II te kiezen als supertaal waarin gebruikers snel kunnen schrijven, met grote winst in lengte (in vergelijking met AUT-QE en AUT 1968). Het spreekt bijna vanzelf dat dit gepaard gaat met grotere complexiteit van taaldefinitie en verificator. Het was de oorzaak dat het werk aan de taalverificator (zie (i)) veel meer tijd in beslag nam dan oorspronkelijk geraamd.

(v) Er is veel nagedacht over het vergelijken van een opbouw in AUTOMATH met andere logische systemen, maar een duidelijke theorie daarover is niet ontstaan. De kwestie is niet gemakkelijk: ook voor reeds bekende systemen onderling zijn dergelijke vergelijkingen nooit volledig gegeven. Natuurlijk is het mogelijk bestaande systemen in een AUTOMATH-boek te kopiëren (dit is bijv. gebeurd in AUT 15 van de literatuurlijst) maar dat is niet hetzelfde als in dit punt (v) is bedoeld.

Veel van de gedachten die op dit punt betrekking hebben zijn terug te vinden in AUT 14, AUT 28, AUT 32 en AUT 42.

(vi) Het taaltheoretisch onderzoek over AUTOMATH en zijn uitbreidingen is nagenoeg geheel naar verwachting verlopen. Er zijn een aantal criteria betreffende de "gezondheid" van dergelijke talen, waarvan de belangrijkste is dat er effectieve beslissingsprocedures bestaan die over de correctheid of incorrectheid van teksten een uitspraak doen.

De resultaten zijn vervat in het werk van dr. R.P. Nederpelt (AUT 19), drs. R.C. de Vrijer (AUT 38) en de in aantocht zijnde dissertatie van ir. D.T. van Daalen. Deze dissertatie is niet binnen de verwachte tijd klaargekomen doordat ze beoogt een omvattend en afsluitend werk op taaltheoretisch gebied te zijn en o.a. ook AUT-II te behandelen. Zij is op dit ogenblik voor ca. 85% voltooid.

Ander werk op taaltheoretisch gebied is te vinden in AUT 20, AUT 23, AUT 24, AUT 35. Ook de stukken AUT 51 en AUT 56 die de talen AUT-QE en AUT-II met elkaar in harmonie brengen, moeten geacht worden onder taaltheorie te vallen.

(vii) Er zijn twee grote samenhangende stukken tekst geproduceerd. Er is in de eerste plaats L.S. van Benthem Jutting's AUT-QE-vertaling van E. Landau's "Grundlagen der Analysis". Zoals eerder opgemerkt, is deze geheel door het VERA-programma geverifieerd. De AUT-QE tekst staat in het 5-delige rapport AUT 60, en toelichting op het vertaalwerk is te vinden in L.S. van Benthem Jutting's dissertatie AUT 46.

Landau's werk kan niet als "moderne" wiskunde worden aangemerkt. De keus was op dit werk gevallen wegens de zeer gelijkmatige detaillering van begin tot eind, zodat een eerlijke vergelijking van lengte met die van een AUT-QE-tekst te maken viel.

Het tweede grote stuk tekst is J.I. Zucker's boek "Real Analysis". Het betrof hier niet een vertaling maar een direct in AUT-II geschreven tekst. Deze inspanning diende om ervaring met veel en snel schrijven in AUT-II op te doen. De ervaringen waren zeer gunstig: de auteur kon bijna altijd zijn gedachten direct in AUT-II weergeven zonder zelfs ook maar eerst een tekst in wiskundige omgangstaal te maken.

De tekst bevat niet alleen abstracte moderne zaken maar ook klassieke praktische. Zo is er bijv. de machtreeks voor de exponentiële functie gebruikt om die functie te definiëren en haar belangrijkste eigenschappen te bewijzen. Dit laat zien dat de taal flexibel genoeg is om ook dit soort klassieke analyse weer te geven.

Dit omvangrijke boek van Zucker is geheel op magneetband overgebracht maar kon nog niet worden geverifieerd doordat VERA hiervoor niet gereed is. Het is van groot belang dat dit alsnog wordt uitgevoerd.

Zowel bij het AUT-QE boek van van Benthem Jutting als bij het AUT-II boek van Zucker bleek dat studenten zeer goed in staat waren om, met gebruikmaking van delen van de inhoud, stukken tekst toe te voegen zonder het volledige boek te kennen.

(viii) Het "voeling houden met wat elders op de wereld gebeurt" heeft op redelijke schaal plaats gevonden, o.a. door bezoeken aan congressen, colloquia, e.d. Er zijn geïsoleerde kleine groepen die soortgelijk werk doen, maar onze voorsprong op het door ons bewerkte gebied is enorm groot. Het is zaak die voorsprong te behouden.

(ix) In het voortgangsrapport van 15 augustus 1974 werd reeds gesteld dat binnen het vijfjarenplan moest worden afgezien van het bestuderen van de invloed van AUTOMATH op de didactiek van de wiskunde. Dat wil allerm minst zeggen dat het is vergeten. Sinds 1976 geeft de projectleider ten bate van de opleiding van leraren een college "Taal en Structuur van de Wiskunde" waarin verschillende aspecten van AUTOMATH doorklinken. Zowel het aspect van de natuurlijke deductie als de in die cursus vervatte analyse van het wiskundige nederlands kunnen op den duur hun invloed op het schoolonderwijs hebben. Er zij hier verwezen naar AUT 61 en naar werk van Dr. R.P. Nederpelt in AUT 53,54,62,63.

(x) Verslaglegging over het gehele project in boekvorm is in de subsidieperiode niet tot stand gekomen, en is ook nu niet op korte termijn te verwachten. Er zijn wel vele stukken vastgelegd in artikelen en rapporten, zoals op de lijst in bijlage 3 vermeld. Enige belangrijke grotere stukken verslaglegging worden hier nog eens vermeld:

- a. De dissertaties van R.P. Nederpelt (AUT 31), L.S. van Benthem Jutting (AUT 46).
 - b. De tussentijdse rapportering in 1974 in het symposiumverslag APLASM (AUT 34,35,36,37).
 - c. De AUT-QE-vertaling van Landau's Grundlagen (AUT 60).
- Enkele andere grote stukken werk zijn nog niet of worden niet gepubliceerd:
- d. De samenvattende taaltheorie in een op komst zijnde dissertatie van Ir. D.T. van Daalen. Doordat voor ir. van Daalen geen passende functie te vinden was in de sfeer van logica of informatica, nam hij voorjaar 1977 een functie aan als wiskundige bij de Afdeling Geodesie aan de T.H. Delft. De voor afronding benodigde tijd van enkele maanden wordt daardoor over een langere periode uitgesmeerd.
 - e. Het boek "Real Analysis" van dr. J.I. Zucker. Over de uitgave ervan kan pas worden beslist wanneer het VERA programma het in orde heeft bevonden.
 - f. Het VERA programma (in hoofdzaak van ir. I. Zandleven). Dit zeer grote programma is intern toegelicht: het is doorspekt met verklarende "comments". Het zou zeer bewerkelijk, en misschien niet zinvol, zijn om hierover nog op een andere manier verslag te leggen. Naast de in het programma geschreven comments heeft ir. Zandleven een tweede soort uitvoerig en informeel commentaar gegeven, dat hij om het in korte tijd te kunnen verrichten op cassette bandjes heeft ingesproken (11 uur spreektijd), zodat het toch ter beschikking zou staan in gevallen waarin hij zelf moeilijk te raadplegen zou zijn.

6. Werkprogramma voor de komende jaren. Naast het afronden van de in bijlage 2 genoemde deelprojecten is er als substantieel project het bewerken van de semantiek van programmeertalen en van daarin geschreven programma's. Wat in het AUTOMATH systeem is gepretendeerd en bereikt, is duidelijk van groot nut voor deze aangelegenheid. Voorbereidend werk is gedaan in AUT 33 en AUT 41. Hierop is voortgebouwd door drs. A. Kornaat, en wordt verder voortgebouwd door ir. R.M.A. Wieringa. Gehoopt wordt dat ir. Wieringa dit in enkele jaren tot iets levensvatbaars zal weten uit te werken.

Een ander onderwerp dat nog nader uitgewerkt moet worden is de gegeneraliseerde lambda calculus die in AUT 58 en AUT 60 is beschreven.

Tenslotte is er nog de oude wens om te komen tot een boek over alle aspecten van het AUTOMATH-project.

7. Slotbeschouwing. De financiële situatie aan de nederlandse universitaire instellingen is veel minder gunstig dan zich in 1971 als min of meer vanzelfsprekend liet aanzien. Zo spreekt het niet meer vanzelf dat de eerste geldstroom bij gebleken levensvatbaarheid de door ZWO gefinancierde initiatieven kan voortzetten. Dat het niettemin mogelijk is om althans op bescheiden wijze verder te gaan stemt tot grote voldoening. De Onderafdeling Wiskunde heeft bij herhaling daadwerkelijke steun verleend. Ook heeft de Hogeschoolraad van de T.H.E. het project gesteund door in 1978 van de 5 voor intra-afdelingsprojecten beschikbare tijdelijke formatieplaatsen uit de centrale beleidsruimte er één aan het AUTOMATH-project toe te wijzen, "omdat het duidelijk meer dan normale technisch-wetenschappelijke perspectieven biedt".

De waardering die het AUTOMATH-project ondervindt blijkt ook uit het feit dat het in 1976 tesamen met 5 andere werd uitgekozen om in het symposium "Nadenken over Onderzoek" (zie AUT 43) als voorbeeld van onderzoek aan de THE te worden gepresenteerd.

Doelstellingen

Het project AUTOMATH heeft de volgende onderling samenhangende doelstellingen:

(A) Het ontwerpen van een taal waarin de gehele wiskunde zó nauwkeurig kan worden uitgedrukt dat taalkundige correctheid automatisch wiskundige correctheid tot gevolg heeft.

(B) Het maken van programma's die een computer in staat stellen om de in die taal geschreven boeken op taalkundige dus ook op wiskundige juistheid te controleren.

(C) Het leveren van een opbouw in genoemde taal van een stuk wiskunde, voldoende omvangrijk en voldoende bruikbaar om een grote groep van wiskundigen in staat te stellen hun eigen wiskundige teksten in bedoelde taal om te zetten.

(D) Het uitwerken van de gedachten die een dergelijke taal min of meer automatisch opwerpt ten aanzien van opbouw en presentatie van de bestaande wiskunde.

(E) Het bereiken van de situatie dat ingewikkelde en slecht overzichtelijke stukken wiskunde door samenwerking tussen wiskundige en computer op absoluut betrouwbare wijze kunnen worden geproduceerd.

Op grond van sinds begin 1967 opgedane ervaringen is de hoop gevestigd dat deze doelen bereikbaar zijn.

Sinds ongeveer 1966 zijn een stuk of vijf plaatsen op de wereld pogingen gedaan die met het project AUTOMATH zouden kunnen worden vergeleken. Het schijnt dat geen van deze pogingen wordt voortgezet in de omvang waaraan bij het project AUTOMATH wordt gedacht. AUTOMATH verschilt nogal sterk van de andere pogingen doordat in AUTOMATH slechts zeer weinig wiskunde en logica in de definitie van de taal is vervat; alles wat men nodig heeft kan vervolgens worden ontwikkeld, zonder dat men zich a priori op een bepaald systeem heeft vastgelegd.

Te bewerken deelprojecten

De volgende lijst van min of meer isoleerbare taken kan men als een programma voor de komende vijf jaren zien.

(i) Het operationeel maken van een taalverificator, in het bijzonder wat betreft de tot nu toe nog niet bevredigend opgeloste zoekstrategieën.

(ii) Het leveren van het bewijs dat de taalverificator geheel met de taaldefinitie overeenstemt.

(iii) Het organiseren van geheugenbeheer in verband met het feit dat een flink stuk wiskunde zelfs voor een grote computer te veel kan zijn, en dat ervoor gezorgd moet worden dat slechts het later nog benodigde materiaal meer definitief in het geheugen blijft.

(iv) Het definiëren en operationeel maken van een supertaal die het de gebruiker mogelijk maakt om AUTOMATH te schrijven in sterk verkorte of symbolische vorm, eventueel aangepast aan de momentane behoeften van de gebruiker.

(v) Het leveren van bewijzen dat zekere opbouw mogelijkheden in AUTOMATH wiskundige situaties opleveren die equivalent zijn met de situaties die voortvloeien uit bekende logische systemen.

(vi) Theoretisch taalonderzoek over AUTOMATH en zijn uitbreidingen.

(vii) Het produceren van een in AUTOMATH geschreven inleiding tot de moderne wiskunde.

(viii) Het voeling houden met wat elders op de wereld gebeurt.

(ix) Het bestuderen van didactische vragen: door de gebruikelijke presentatie van wiskunde te vergelijken met die in AUTOMATH, kan men zich betere ideeën vormen over de moeilijkheid van wiskundige gedachtenoverdracht en over leerprocessen.

(x) Verslaglegging over het gehele project, liefst in boekvorm.

List of reports on the AUTOMATH project.

This list contains all reports until September 1978. The list is not entirely chronological.

Most items are available on request (mailing address: Department of Mathematics, H.G. 6.61, T.H. Eindhoven, P.O. Box 513, Eindhoven, The Netherlands).

Recommended reading: Project description AUT 34. As informal introduction AUT 2 and AUT 30. For more formal description AUT 35. For description of programs AUT 36. Various stages of text production: AUT 37.

- AUT 1. (P 94) N.G. de Bruijn, AUTOMATH, a language for mathematics, T.H.-Report 68-WSK-05, (1968), (47p.).
- AUT 2. (P 95) N.G. de Bruijn, The mathematical language AUTOMATH, its usage and some of its extensions, Symposium on Automatic Demonstration, IRIA, Versailles, Dec. 1968. (Lecture Notes in Mathematics, Vol. 125, Springer-Verlag, pp. 29-61, 1970).
- AUT 3. (N 24) N.G. de Bruijn, SEMIPAL 2, an extension of the mathematical notational language SEMIPAL. (Notitie 43, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, March 1969).
- AUT 4. (N 28) N.G. de Bruijn, A Processor for PAL. (Notitie 30, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, March 1970).
- AUT 5. (N 29) N.G. de Bruijn, The syntax of PAL and AUTOMATH. (Notitie 32, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, April 1970).
- AUT 6. (N 32) N.G. de Bruijn, On the use of bound variables in AUTOMATH. (Notitie 31, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Nov. 1970).
- AUT 7. (N 33) N.G. de Bruijn, Coding system for AUT-QE. (Notitie 11, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Dec. 1970).
- AUT 8. (N 34) N.G. de Bruijn, Formulas with indications for establishing definitional equivalence. (Notitie 15, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Dec. 1970).
- AUT 9. (Ju 2) L.S. van Benthem Jutting, Synopsis of the definition of the language AUTOMATH. (Extracted from lectures by N.G. de Bruijn, Spring Semester 1970, Intern. Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven).
- AUT 10. (M 2) N.G. de Bruijn, Example of a text written in AUTOMATH. (Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, March 1968).

- AUT 11. (M 1) N.G. de Bruijn, Definition of limits in AUTOMATH. (Prelim. Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, March 1970).
- AUT 12. (Ju 3) L.S. van Benthem Jutting, Example of a text written in the formal language AUTOMATH. (Internal Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Aug. 1970).
- AUT 13. (Ju 1) L.S. van Benthem Jutting, Example of a text written in AUT-QE. (Internal Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven,
- AUT 14. (vDa.) D.T. van Daalen, Verzamelingstheorie, een intuïtieve opzet. (Intern rapport, Onderafdeling der Wiskunde, T.H. Eindhoven, sept. 1970).
- AUT 15. (vDa.) D.T. van Daalen, Verzamelingstheorie, de axioma's van Zermelo-Fränkel. (Intern rapport, Onderafdeling der Wiskunde, T.H. Eindhoven, sept. 1970).
- AUT 16. (V 1) N.G. de Bruijn, Verificatie van Wiskundige Bewijzen door een Computer. (Een voorstudie ten behoeve van een project AUTOMATH; Colloquiumvoordracht T.H. Eindhoven, 9 januari 1967).
- AUT 17. (P100) N.G. de Bruijn, Machinale verificatie van redeneringen. (Voordracht Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, 20 dec. 1969). Verslag van de gewone Vergadering der Afd. Natuurkunde 78, pp. 151-155 (1969).
- AUT 18. (N 27) N.G. de Bruijn, Vérification des textes mathématiques par un ordinateur, Conférence à Lille, 21 nov. 1969. (Notitie 18, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, nov. 1969).
- AUT 19. (NE 1) R.P. Nederpelt, AUTOMATH, a language for checking mathematics with a computer. (Text of a talk at a colloquium about Formal Languages at Oberwolfach, Oct. 1970).
- AUT 20. (N 35) N.G. de Bruijn, AUT-SL, a single line version of AUTOMATH. (Notitie 22, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, May 1971).
- AUT 21. (NE 2) R.P. Nederpelt, Lambda-Automath. (Notitie 17, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Jan. 1971).
- AUT 22. (NE 4) R.P. Nederpelt, Lambda-Automath II. (Notitie 25, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Apr. 1971).

- AUT 23. (Ju 4) L.S. van Benthem Jutting, On normal forms in AUTOMATH. (Notitie 24, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, May 1971).
- AUT 24. (Ju 5) L.S. van Benthem Jutting, A normal form theorem in a λ calculus with types. (Mitteilungen der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung Bonn, nr. 17, Tagung über Formale Sprachen und Programmiersprachen Oberwolfach 18.-24.4.1971).
- AUT 25. (N 36) N.G. de Bruijn, Some abbreviations in the input language for AUTOMATH. (Notitie 15, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Apr. 1972).
- AUT 26. (NE 6) R.P. Nederpelt, Strong normalisation in a λ -calculus with λ -expressions as types. (Notitie 18, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Apr. 1972).
- AUT 27. (NE 7) R.P. Nederpelt, The closure theorem in λ -typed λ -calculus. (Notitie 22, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, May 1972).
- AUT 28. (vDa.) D.T. van Daalen, Interpretatie- en consistentieproblemen in AUTOMATH. (Afstudeerverslag, T.H. Eindhoven).
- AUT 29. (P108) N.G. de Bruijn, Lambda calculus notation with nameless dummies, a tool for automatic formula manipulation, with application to the Church-Rosser theorem. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Proceedings Ser. A, 75 (= Indag. Math. 34) 381-392 (1972).
- AUT 30. (P113) N.G. de Bruijn, AUTOMATH, a language for mathematics. A series of lectures by N.G. de Bruijn, at the Séminaire de mathématiques supérieures, Université de Montréal, June 1971. Les Presses de l'Université de Montréal, 1973. Lecture Notes prepared by B. Fawcett.
- AUT 31. (NE 8) R.P. Nederpelt, Strong normalization in a typed lambda calculus with lambda structured types. (Dissertation R.P. Nederpelt, 12 juni 1973, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven).
- AUT 32. (P109) N.G. de Bruijn, Set theory with type restrictions. Lecture at the International Colloquium on Infinite and Finite Sets, 25 June - 1 July 1973, Keszthely, Hungary. Published in: Infinite and Finite Sets, ed. A. Hajnal, R. Rado, Vera T. Sós, Vol. I pp. 205-214, Colloquia Math.Soc. János Bolyai 10, (1975).

- AUT 33. (M 6) N.G. de Bruijn, A system for handling syntax and semantics of computer programs in terms of the mathematical language AUTOMATH. (Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Nov. 1973).
- AUT 34. (P112) N.G. de Bruijn, The AUTOMATH Mathematics Checking Project. Proceedings of the Symposium APLASM. Vol. I, ed. P. Braffort, Orsay, France (Dec. 1973).
- AUT 35. (vDa3) D.T. van Daalen, A description of AUTOMATH and some aspects of its language theory. Proceedings of the Symposium APLASM. Vol. I, ed. P. Braffort, Orsay, France (Dec. 1973) Δ
- AUT 36. (Iz 1) I. Zandleven, A verifying Program for AUTOMATH. Proceedings of the Symposium APLASM. Vol. I, ed. P. Braffort, Orsay, France (Dec. 1973).
- AUT 37. (Ju 6) L.S. van Benthem Jutting, The development of a text in AUT-QE. Proceedings of the Symposium APLASM. Vol. I, ed. P. Braffort, Orsay, France (Dec. 1973).
- AUT 38. (RdeVI) R.C. de Vrijer, Big trees in a λ -calculus with λ -expressions as types. (Symposium on λ -calculus and computer science theory, Rome 25 - 27 March 1975).
- AUT 39. (V 8) N.G. de Bruijn, AUTOMATH - ein Projekt zur Kontrolle von Mathematik, Vortrag Innsbrucker Mathematikertag 1974. Übersetzung von "The AUTOMATH Mathematics Checking Project", besorgt von B. Roider.
- AUT 40. (N 43) N.G. de Bruijn, A framework for the description of a number of members of the AUTOMATH family. (Internal Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, June 1974).
- AUT 41. (M 7) N.G. de Bruijn, The use of the language AUTOMATH for syntax and semantics of programming languages. (Prelim. Report, Department of Mathematics, T.H. Eindhoven, Jan. 1975).
- AUT 42. (Zu 1) J. Zucker, Formalization of classical mathematics in AUTOMATH. Actes of the International Logic Colloquium, Clermont-Ferrand, July 1975.
- AUT 43. (V 13) N.G. de Bruijn, Het AUTOMATH project. Symposium "Nadenken over over Onderzoek", Technische Hogeschool Eindhoven, april 1976, p. 14-18.
- AUT 44. (M10) N.G. de Bruijn. Some extensions of AUTOMATH : The AUT-4 family. Preliminary Report, Dept of Mathematics, T.H. Eindhoven, January 1974) .

- AUT. 45 (N50) N.G. de Bruijn: Modifications of the 1968 version of AUTOMATH. Memorandum 1976-14, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics, issued December 1976, (Internal Report).
- AUT. 46. L.S. van Benthem Jutting: Checking "Landau's "Grundlagen" in the AUTOMATH system.
Thesis, 1977, 120 pages. Also to appear in Mathematical Centre Tracts, Mathematical Centre, Amsterdam.
- AUT. 47. I.Zandleven: The use of paragraphs in AUTOMATH. Memorandum 1977-5. Issued May 1977. University of Technology, Department of Mathematics. (Internal Report).
- AUT. 48. I. Zandleven: On the use of identifiers in AUT-PI. Memorandum 1977-4. Issued May 1977. University of Technology, Department of Mathematics, (Internal Report).
- AUT. 49. (N53) N.G. de Bruijn: Notation for concatenation. Memorandum 1977-09 - July 1977. University of Technology, Department of Mathematics (Internal Report).
- AUT. 50 (N54) N.G. de Bruijn: A namefree lambda calculus with formulas involving symbols that represent reference transforming mappings.
Memorandum 1977-10: Issued August 1977. University of Technology, Department of Mathematics (Internal Report).
- AUT. 51 (N55) N.G. de Bruijn: Some auxiliary operators in AUT-II. Memorandum 1977-15. Issued November 1977. University of Technology, Department of Mathematics (Internal Report).
- AUT. 52 (V16) N.G. de Bruijn: Materiaal uitgereikt bij college Wiskundige Talen, Najaar 1977.
- AUT. 53 R.P. Nederpelt: Een aanzet tot bewijsanalyse. Memorandum 1977-14. Issued October 1977. University of Technology, Department of Mathematics, Eindhoven.

- AUT. 61 N.G. de Bruijn: Taal en Structuur van de Wiskunde.
Materiaal bij het college aan de T.H.Eindhoven o.a.
voor studenten in de leraarsvariant.Voorjaarssemester
1978. Onderdelen: V23,V22,V15,V17,V21,V24,V19,V20.
- AUT. 62 R.P. Nederpelt: Bewijsmethoden. Materiaal ten gebruike
bij de instructie Algebra en Analyse, Onderafdeling
Wiskunde, T.H. Eindhoven.
- AUT. 63 R.P. Nederpelt: Bewijszinnen. Memorandum 1978-10,juni
1978. Onderafdeling Wiskunde, T.H. Eindhoven.