

# Het Schrijven van het Laboratoriumjournaal op de Computer: Een Haalbaarheidstudie<sup>1</sup>

Maarten Korsten(M.J.Korsten@el.utwente.nl), Marinka Sysling en Paul Regtien

Universiteit Twente, afdeling Elektrotechniek, Laboratorium voor Meettechniek en Instrumentatie, Enschede

## 1. INLEIDING

Tijdens experimenteel werk wordt algemeen een journaal bijgehouden, waarin alle relevante details worden opgeschreven. Het gaat hier om de theorie, een beschrijving van de (meet)opstelling, gesimuleerde en gemeten data, een analyse van de resultaten en conclusies. Tegenwoordig wordt experimenteel werk veelal sterk ondersteund door de computer: meetopstellingen worden bestuurd vanuit de computer, meetdata worden gedigitaliseerd, opgeslagen en bewerkt op de computer. Een gevolg hiervan is dat de hoeveelheid meetdata per experiment sterk is toegenomen, waardoor het nauwelijks meer uitvoerbaar is de data in het journaal op te schrijven. Daarom bestaat het gevaar dat experimenteel werk slecht gedocumenteerd wordt waarbij met name de ruwe meetdata in het journaal ontbreken. Daarnaast zal een eindrapport weer m.b.v. tekstverwerkingsfaciliteiten geproduceerd worden, zodat de informatie uit het journaal weer naar de computer moet worden getransporteerd. Het is daarom misschien efficiënter het labjournaal direct op de computer te schrijven.

In een pilotproject zijn de mogelijkheden onderzocht om dit op een plezierige en gebruikersvriendelijke manier te doen. Er is een pakket samengesteld bestaande uit programma's voor dataacquisitie en -verwerking en voor tekstverwerking.

Deze bijdrage bevat een beschrijving van de pilots. In §2 wordt de opzet beschreven. In §3 komen de resultaten van de pilots aan de orde, waarna in §4 conclusies worden gepresenteerd.

## 2. OPZET VAN HET PROJECT

### 2.1 *Motivatie*

Het gebruik van de computer bij het maken van labjournaals heeft de volgende voordelen:

- M.b.v. de computer kan het netjes en gestructureerd werken worden gestimuleerd.
- Resultaten van gecomputeriseerde experimenten (tabellen, grafieken e.d.) kunnen direct worden weergegeven in het journaal.
- Ruwe meetdata kunnen in dezelfde omgeving worden opgeslagen als het journaal met de gepresenteerde resultaten. Dit stimuleert een goede boekhouding. Dit alles is met name van belang in het geval van een groter project met verschillende deelnemers.
- Informatie van buiten (b.v. van internet) kan gemakkelijk aan het journaal worden toegevoegd.

Informatie uit een gecomputeriseerd journaal kan ook gemakkelijk worden uitgewisseld met de buitenwereld:

- Het labjournaal kan gemakkelijker worden gebruikt voor het schrijven van een eindrapport.
- Informatie-uitwisseling tussen groepsleden verloopt soepel via de computer.
- In een opleidingsomgeving wordt communicatie tussen docenten en studenten eenvoudiger m.b.v. elektronische faciliteiten, zoals b.v. Teletop (Universiteit Twente)[2] of Blackboard (Technische Universiteit Delft).

---

<sup>1</sup> Dit is een vertaalde versie van [1].

## 2.2 Vereisten m.b.t. een softwareomgeving

**Software** - Ontwikkelingen in software gaan momenteel erg snel, waardoor software uit eigen huis snel verouderd. Daarom geven wij de voorkeur aan standaard op de markt verkrijgbare software.

**Gebruikersvriendelijkheid** - Het gebruik van de computer moet de gebruiker geen extra tijd kosten, vergeleken bij het handmatig schrijven. Het liefst levert het gebruik van de computer tijd op. Deze vereiste is niet triviaal, aangezien een journaal formules, tekeningen en tabellen bevat. Softwarepakketten werken hierdoor deels onhandig met veel muishandelingen.

**Organisatie en communicatie** - Een experimentele opstelling kan vele onderdelen bevatten, allemaal verbonden met een computersysteem:

- Hard- en software voor meet- en regeldoeleinden,
- Software voor simulaties and data verwerking
- Tekstverwerkingssoftware

Daarom kan men gemakkelijk het overzicht verliezen over de opstelling en over de meetdata. Het is dus belangrijk een effectieve boekhouding te voeren:

- Ruwe meetdata moeten expliciet worden opgeslagen en gedocumenteerd, goed gescheiden van bewerkte data.
- De geldigheid van de data moet worden gecontroleerd. Zo kan met b.v. automatisch controleren of ruwe meetdata veranderd zijn (nieuw experiment) sinds de data voor de laatste keer bewerkt zijn.
- Ruwe meetdata uit een experiment mogen niet gewijzigd worden. Daarom is het wellicht van belang om experimentele gegevens te fixeren, te voorzien van een stempel. Dit speelt met name als de resultaten achteraf gebruikt gaan worden voor het leveren van bewijsmateriaal m.b.t. originaliteit en om intellectueel eigendom te bewijzen.

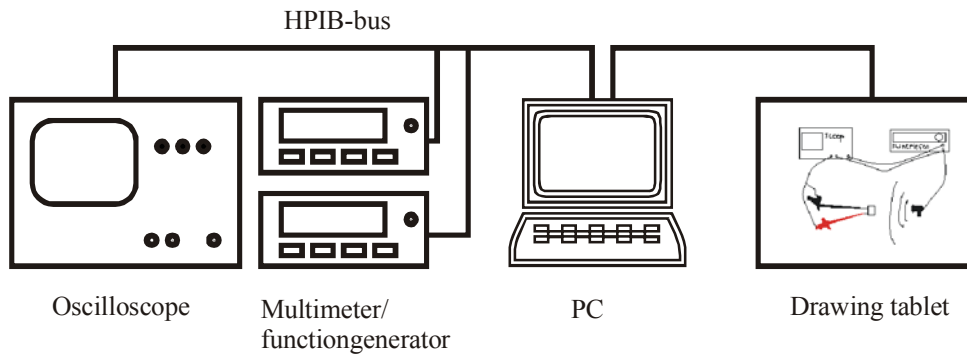
Tijdens de eerste fase van het project, die we hier beschrijven, lag de nadruk op de gebruikersvriendelijkheid van de beschikbare software. Het effectief beheren van de meetdata komt in een vervolgfase aan de orde.

## 2.3 Praktisch werk bij de opleiding Elektrotechniek van de Universiteit Twente

Practica worden bij de opleiding Elektrotechniek uitgevoerd in de vorm van ééndaagse proeven. Het journaal wordt tijdens de uitvoering van de proef geschreven en aan het einde van de dag ingeleverd bij de assistent. Er wordt geen eindrapport gemaakt. Dit stelt hoge eisen aan de gebruikersvriendelijkheid van software voor journalisering op de computer.

Naast de practica zijn er studentprojecten, die minimaal een week duren en waarvoor wel een eindrapport wordt geschreven. Studenten hebben nu meer tijd om hun eigen tijd in te richten, waardoor tijdbeperkingen minder stringent zijn.

In figuur 1 is de standaard meetopstelling geschetst die door de studenten gebruikt werd. Deze bestaat uit een oscilloscoop, een digitale multimeter en een functiegenerator. Alle elementen zijn verbonden met een computer via een GPIB-bus (standaard Hewlett and Packard). Tijdens de haalbaarheidsstudie was hieraan een tekentablet toegevoegd.



**Figuur 1** Standaard meetopstelling voor praktisch werk bij de opleiding Elektrotechniek

Er zijn twee haalbaarheidstudies uitgevoerd. De eerste tijdens een studentproject van drie weken aan het einde van het eerste jaar. De tweede tijdens het practicum meetinstrumenten/netwerkanalyse, het eerste practicum van het eerste jaar.

**TABEL 1** Gebruikte software pakketten

	<i>Pakket 1</i>	<i>Pakket 2</i>
Tekstverwerking	MS-Word 2000	Mathcad 2001
Spreadsheet	MS-Excel 2000	
Formule-manipulatie	Matlab, Maple	
Elektrische schema's	P-Spice	
Tekeningen	Painter Classic, MS-Paint	
Simulaties	P-spice, Matlab	
Grafieken	Matlab, Excel	
Metingen	Labview	

## 2.4 De pilots

Na een inventarisatie van beschikbare software werden twee pakketten samengesteld, bestaande uit een tekstverwerker en uit software voor dataacquisitie, dataverwerking, het programmeren van hardware en voor het maken van tekeningen. Voor de tekstverwerker werden twee pakketten gebruikt: Microsoft Word en MathCad, wat in feite een programma voor berekeningen en formulemanipulatie is. Microsoft Word heeft het grote voordeel dat het bij veel studenten bekend is. MathCad slaat tekst op in blokken die vrijelijk op een pagina kunnen worden geplaatst en verschoven. Dit sluit enigszins aan bij de manier waarop een journaal wordt gemaakt. Daarnaast kunnen formules in MathCad gemakkelijk worden ingevoerd (na enige oefening). Vanwege deze kenmerken besloten wij dit programma als een alternatief aan te bieden. De pakketten worden beschreven in tabel 1.

De eerste pilot tijdens het studentproject werd uitgevoerd in juni 2002 [3], [4], het tweede gedurende het practicum in december 2002. De resultaten worden beschreven in §3.

## 2.5 Onderzoeksmethode

**Studentproject** - In totaal werden acht studenten betrokken bij de pilot, verdeeld over twee groepen, die ieder een project uitvoerden. Het aantal groepen was beperkt om praktische redenen (beschikbaarheid hardware, begeleiding). Hierdoor zijn de resultaten statistisch minder significant. Deels kon hieraan tegemoet worden gekomen met een uitgebreide vragenlijst, in te vullen door de studenten, gevolgd door interviews.

De vragenlijst was systematisch samengesteld. Vragen werden gesteld over de volgende onderwerpen:

- De tekstverwerker: gebruiksgemak
- Andere programma's: gebruiksgemak en het gemak waarmee resultaten kunnen worden ingevoegd in het journaal.
- Het gebruik van het tekentablet.
- Tijdsbesteding: kostte het gebruik van de computer tijd, of leverde het juist tijd op?
- Enige andere vragen over voor- en nadelen van het maken van het journaal op de computer.

**Practicum** - Zelfs indien het studentproject gunstige resultaten zou opleveren, dan nog zou de strikte planning van een practicum problemen kunnen veroorzaken. Wederom werd daarom het aantal studenten tijdens het practicum beperkt gehouden gedurende de pilot. Er waren nu vier groepjes van twee studenten. Elke groep voerde twee proeven uit van ieder een dag. Ook nu werd iedere student naderhand ondervraagd m.b.v. een uitgebreide vragenlijst.

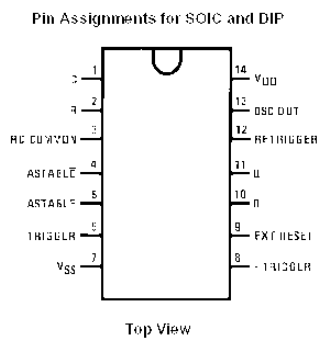
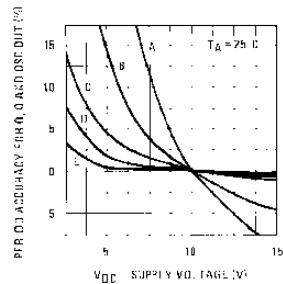


Fig. 2 Pinaansluiting van de 4047.

De multivibrator kan met een gekozen weerstand en condensatorwaarde een bepaalde frequentie blokgolf genereren. In fig.3 staat een tabel met frequentiewaarden bij verschillende condensator- en weerstandswaarden

Typical Q, Q, Osc. Out Period Accuracy vs Supply Voltage (Astable Mode Operation)



$f_o, \bar{Q}$	R	C
A 1000 kHz	22k	10 pF
B 100 kHz	22k	100 pF
C 10 kHz	220k	100 pF
D 1 kHz	220k	1000 pF
E 100 Hz	2.2M	1000 pF

Fig.3 Grafiek met periodieke nauwkeurigheid vs. Voedingsspanning met daaronder een tabel met frequentiewaarden als resultaat van R en C.

**Figuur 2** Voorbeeldpagina van een journaal, waarin productinformatie over hardware is toegevoegd.

**Figuur 3** Voorbeeldpagina van hetzelfde journaal met eigen meetresultaten

### 3. RESULTATEN

#### 3.1 Voorbeelden van journaals

Voorbeelden van gemaakte journaals zijn te zien in figuren 2, 3 en 4.

Men ziet dat de mogelijkheden van het gebruik van de computer uitgebreid zijn. Figuur 2 geeft een voorbeeld van toegevoegde productinformatie, verkregen van het internet. In figuur 3 worden meetresultaten in een EXCEL-tabel geplaatst, waarna weergave in een grafiek

De meetresultaten (tabel 1 + fig 5):

R (kΩ)	frequentie (kHz)
55,8	73,8
80,9	51,7
90,8	45,8
95,1	43,3
98,8	42,7
101,8	40,8
104,2	39,5
108,7	38,3
154,6	27,3

tabel 1. verandering van de frequentie bij verschillende weerstandswaarden. C=110 pF, V<sub>s</sub>=+9V

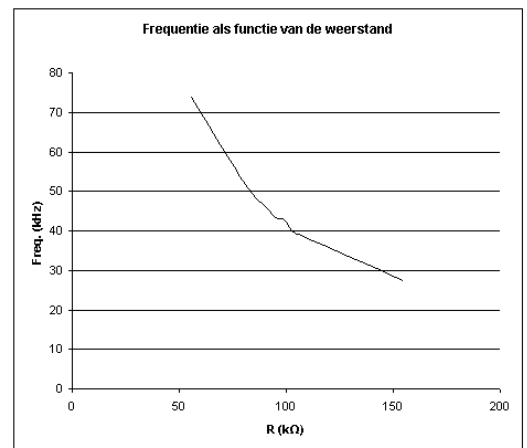


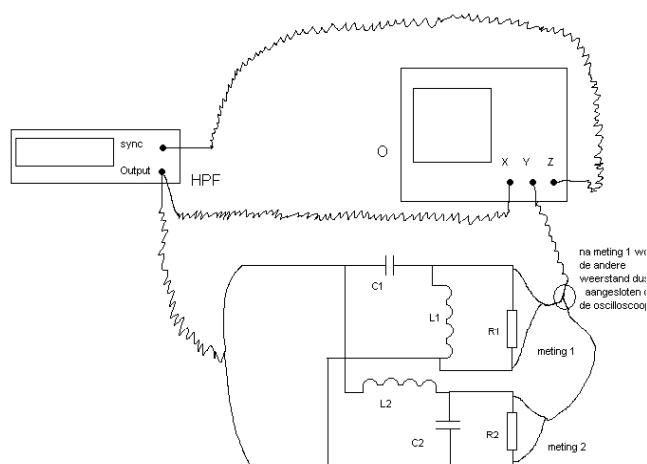
fig 5. tabel 1 in grafiekvorm.

Met een weerstandswaarde van ongeveer 102 kΩ krijgen we de gewenste frequentie. Uit fig 3 bleek al dat we een weerstandswaarde ongeveer tussen de 50 en 150 kΩ moest liggen (bij C constant is de grafiek van de vorm 1/x). Op basis van de resultaten van die 2 metingen zijn de andere meetpunten voor de andere metingen gebaseerd. De voedingsspanning bleek ook een beetje van invloed op de frequentie (ongeveer 0,5 kHz per volt), vandaar dat deze op een vaste waarde moest worden afgesteld.

De gebruikte apparatuur van beide metingen staat in tabel 2.

Symbol	Apparaat	Model	Locatie
O	Oscilloscoop	Hewlett-Packard 54603B	Tafel 10A2
HPF	Functiegenerator	Hewlett-Packard 33120A	Tafel 10A2
M	Meetbrug	Philips PM6303	Tafel 5A

Tabel 2: gebruikte meetapparatuur



Figuur 2: meetopstelling voor de meting van de overdracht

### **Figuur 2 Voorbeeld van een journaal met een schets van de meetopstelling**

volgt. Figuur 4 toont een beschrijving van een meetopstelling met een handgetekende schets, bij het maken waarvan een tekentablet werd gebruikt.

### **3.2 Evaluatie van de vragenlijsten: studentproject**

**Structuur en netheid van het journaal** - Alle studenten geven aan dat een goed gedefinieerde structuur van het journaal belangrijk is en dat het gebruik van de computer die structuur kan helpen verbeteren. Ook kan de netheid verbeteren, hoewel dat niet de prioriteit van de studenten had.

**De tekstverwerker** - De studenten waren positief over het gebruik van MathCad, met name over de manier waarop de tekst in blokken kan worden georganiseerd. Men was iets minder positief over MS-Word. Sommige studenten hadden problemen om ingevoegde objecten (tekeningen e.d.) op de juiste plaats te krijgen (en te houden). Slechts één student gaf de voorkeur aan een journaal op papier.

**Formules** - De equation editor van MS Word is gemakkelijk te leren, maar werkt langzaam vanwege het grote aantal muishandelingen. Het opschrijven van formules in MathCad vereist enige oefening, maar werkt daarna gemakkelijker.

**Het invoegen van objecten uit andere programma's** - Deze mogelijkheid vormt een van de grote voordelen van de computer. Het gemakkelijkst is het gebruik van Object Linking and Embedding (OLE). Maar de studenten konden ook met situaties overweg, waarbij OLE niet beschikbaar was. Ze gebruikten dan screendumps.

**Tekentablet** - Hoewel de studenten tijd besteedden aan het oefenen met het tekentablet, vonden ze het tablet niet goed bruikbaar. Het belangrijkste probleem vormde de hand-oogcoördinatie: het tekenen met de hand op het tablet, terwijl tegelijk op het scherm gekeken moest worden naar het resultaat.

**Data-management** - Zonder aankondiging werd de studenten gevraagd hun meetdata te laten zien. Vier van de studenten hadden de meetdata netjes in folders gezet. De andere vier hadden hun meetdata verspreid over de harde schijf van de computer staan.

**Uitwisseling van informatie** - De studenten waren blij met de mogelijkheid elkaars journaals te kunnen lezen tijdens het project. Zo kon men informatie over elkaars activiteiten krijgen zonder elkaar te storen.

**Bladeren door het journaal** – Twee studenten gaven aan dat ze het overzicht over het journaal kwijt raakten en problemen hadden informatie van verschillende pagina's te vergelijken. De anderen noemden dit probleem niet.

**Tijdsbesteding** – Journaliseren op de computer leverde enige tijdwinst op. De studenten schreven dit toe aan de mogelijkheid het journaal te gebruiken bij het maken van het eindrapport.

### 3.3 *Evaluatie van de vragenlijsten: practicum*

Hoewel de studenten ruwweg dezelfde mening hadden over het maken van digitale journaals, waren er enkele opvallende verschillen.

**Tekstverwerker** - Alle studenten waren positief over MS-Word, maar slechts twee van de acht studenten werkten plezierig met MathCad. Twee studenten stopten zelfs met MathCad en gingen verder met een handgeschreven journaal.

**Formules** - Bij gebruik van MS Word werd door een meerderheid van de studenten MS Equation Editor ingezet. Echter, drie studenten gebruikten MAPLE en een student gebruikte een tekentablet. Totaal waren twee studenten negatief gestemd, de andere zes positief.

Het gebruik van MathCad als tekstverwerker werd ook gecombineerd met MAPLE en MS Equation Editor. Over het maken van formules was men positief, maar over de MathCad Editor werden negatieve opmerkingen gemaakt.

**Data management** - Geen van de studenten maakte zich zorgen om datamanagement. Het was achteraf vrijwel onmogelijk iets van de journaals terug te vinden op de gebruikte computers (van de journaals werden afdrukken ingeleverd bij de assistent).

**Uitwisseling van informatie** - Uitwisseling van informatie tussen de studenten was onbelangrijk, omdat een proef slechts een dag duurde. Ook werd geen tijd bespaard bij het maken van het journaal, omdat er geen eindrapport werd gemaakt.

Hoewel er een aantal problemen en nadelen kleefden aan MS Word, was men hierover in zijn algemeenheid tevreden. De commentaren op MathCad waren deels positief en deels negatief.

### 3.4 *Discussie*

De studenten vonden het een goed idee het labjournaal direct op de computer te maken, zowel bij groepsprojecten als bij een practicum. Vergeleken bij handgeschreven journaals werd geen tijd verloren. In het geval van groepsprojecten zijn er additionele voordelen: het onderling uitwisselen van informatie en de mogelijkheid elementen uit het journaal in het eindrapport te gebruiken.

Het gebruik van MathCad vereist meer oefening dan het gebruik van MS Word, wat het verschil in waardering kan verklaren tussen de studenten in het project en de studenten in het practicum. Overigens vertonen de studenten onderling verschillende voorkeuren voor de te gebruiken software, ook als er voldoende tijd is voor oefening.

**Aandachtspunten** - Twee belangrijke punten voor nader onderzoek zijn de formule editor en het maken van tekeningen. Verder is datamanagement een belangrijk probleem. In een volgende fase moet er een raamwerk komen voor het overzichtelijk opslaan van labjournaals en meetdata.

## 4. CONCLUSIES

Het maken van labjournaals direct op de computer is een goede mogelijkheid, zowel in het geval van een studentproject als bij een practicum. Bij een studentproject profiteert men het meest. De journaals zijn beter leesbaar en beter gestructureerd. Een aspect dat nog aandacht vereist is bestands- en datamanagement.

## LITERATUUR

- [1] Korsten M.J., Sysling M., Regtien P.P.L., Writing laboratory reports of experimental work directly on the computer, a feasibility study, Proc. IMEKO XVII, June 22-27, 2003, Dubrovnik, Croatia, pp. 70-74
- [2] TeleTOP, <http://TeleTOP.utwente.nl>
- [3] Zuur A.T., Digitaal, *Rapport Universiteit Twente, Laboratorium voor Meettechniek en Instrumentatie nr. 014M02*, July 2002
- [4] <http://www.mi.el.utwente.nl>, Zie "Research", dan "Computer supported reports of experimental work" Hier staan de referenties [1] en [3].