

Materialien für TI-82 STATS, TI-83 Plus,
TI-84 Plus, TI-84 Plus Silver Edition, TI-89 Titanium,
Voyage™ 200, CBL 2™, Vernier LabPro®

Wolfgang Beer

Grundlegendes zum Experimentieren mit Mess- werterfassungssystemen

- technische Hilfe
- typische Schulversuche
- Übersicht der Sensoren
- Freifallexperiment

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

TI Technologie - Beyond Numbers

Grundlegendes zum Experimentieren mit Messwerterfassungssystemen

Wolfgang Beer

© 2006 Texas Instruments

Dieses Werk wurde in der Absicht erarbeitet, Lehrerinnen und Lehrern geeignete Materialien für den Unterricht an die Hand zu geben. Die Anfertigung einer notwendigen Anzahl von Fotokopien für den Einsatz in der Klasse, einer Lehrerfortbildung oder einem Seminar ist daher gestattet. Hierbei ist auf das Copyright von Texas Instruments hinzuweisen. Alle Warenzeichen sind Eigentum ihrer Inhaber. Jede Verwertung in anderen als den genannten oder den gesetzlich zugelassenen Fällen ist ohne schriftliche Genehmigung von Texas Instruments nicht zulässig.

Layout: Texas Instruments, Wolfgang Beer
Druck: Pinsker Druck und Medien

Vorbetrachtung

Dass Sie diese Handreichung in den Händen halten zeugt davon, dass auch Sie die Vielfalt der modernen Messtechnik in Ihrem Unterricht anwenden wollen. Vielleicht haben Sie auch schon erkannt, dass elektronische Datenlogger bzw. Messwertaufzeichnungssysteme häufig die Arbeit erleichtern. Beim Einstieg bzw. erstmaligem Umgang mit der Technik kann es jedoch hin und wieder zu Verzweiflungserscheinungen kommen, wenn nicht gleich alles auf Anhieb funktioniert.

Ich kenne das und habe mir zur Aufgabe gemacht, mich nicht von den Geräten beherrschen zu lassen. Vielmehr möchte ich die Geräte beherrschen, genau wie Sie. Dabei will ich Ihnen helfen.

Schauen Sie sich doch mal in Ihrem Experimentierraum um: Kennen Sie solche Geräte?



Mikroschalter aus dem Aufbauset zur Demonstration von Bewegungsgesetzen



Oszilloskop von 1979.
Schwer wie ein Eimer voll Wasser und digital: Er funktioniert – oder eben nicht.

Gewiss sollen Sie auf die klassische Versuchsdurchführung nicht verzichten, doch auch Sie werden bald erkennen, dass die moderne Versuchsdurchführung mit Datenloggern **BEDEUTEND** einfacher, genauer und pädagogisch nicht minder wertvoll ist wie der großkalibrige Aufbau von Experimenten nach alter Schule.

Die nachfolgende Ausarbeitung gliedert sich in mehrere Teile:

Dieser erste Teil soll Ihnen die prinzipiellen Handlungsabläufe beim Umgang mit dem **LabPro** von Vernier in Kombination mit dem **Voyage™ 200** und **TI-89Titanium** näher zu bringen. All die Ausführungen können Sie auf das **CBL 2™** übertragen. Beachten Sie hierzu beim Vergleich der Geräte die Gemeinsamkeiten und die kleinen Unterschiede.

In weiteren Teilen werden Möglichkeiten demonstriert, wie man das LabPro in typischen Schulversuchen einsetzen kann. Dazu zeige ich Ihnen die konkreten

Handlungsabläufe und gebe Dimensionierungsvorschläge, damit die Versuche möglichst auf Anhieb gelingen.

So erhalten Sie einen kleinen Einblick in die Möglichkeiten, die sich mit dem **LabPro** von **Vernier** bzw. dem **CBL 2™** von **Texas Instruments** auf tun. Hierbei stütze ich mich auf die von mir beim Umgang mit den Geräten gewonnenen Erfahrungen. Sie können nachlesen, wie Software installiert wird, wie Sie die Geräte programmieren und in welcher Sprache sie Ihnen antworten. Betrachten Sie die nachfolgenden Seiten als technische Hilfe, auch wenn dabei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Im Anhang erhalten Sie einen kleinen Einblick über Möglichkeiten des Einsatzes der Geräte, deren Handhabung denkbar einfach ist, auch wenn das auf dem ersten Blick anders aussieht. Lassen Sie sich nicht von den englischsprachigen Instruktion-Sheets und Spezifikationen abschrecken. Naturwissenschaftler der ganzen Welt kommunizieren in dieser Sprache, auch die meisten unserer Formelzeichen sind daraus abgeleitet (**Force**, **velocity**, **acceleration**, **Temperature**, **pressure**, **Area**, **length**, ...).

Sie werden erfahren, wie denkbar einfach die Versuche in Physik werden können:

Nehmen – Anstecken – Anschalten – Beobachten – Ergebnis – Aha.

Geht nicht so einfach, meinen Sie? Weit gefehlt. Bereits nach wenigen Versuchen mit den Sensoren von Vernier und dem LabPro werden Sie das bestätigen können. Und wenn mal was nicht läuft, dann verzweifeln Sie nicht: Die Technik kann den Menschen nicht ersetzen.

Gleichwohl möchte ich mich hiermit bei Herrn M. Neubert bedanken, der mir in großzügiger Weise die Geräte zur Verfügung gestellt hat und bei meiner Familie für das entgegen gebrachte Verständnis für die häufige Abend- und Nachtarbeit. Mein Dank gilt auch Herrn Declair von Texas Instruments Deutschland, der mir die Veröffentlichung meiner Ideen ermöglichte.



Viel Spaß beim Lesen und Experimentieren wünscht

W. Beer

Inhaltsverzeichnis

Sie haben Ihr LabPro oder CBL 2™ bereits ausgepackt und den Packungsinhalt mit der Liste im Begleitheft verglichen: eine Unmenge an Kabeln, die Sie im Laufe der Zeit alle benötigen werden. Zunächst sind wichtig: TI-Link-Kabel und ein paar Minuten Geduld.



Wir beginnen mit Hinweisen.

1. Grundlegendes zum Experimentieren mit dem LabPro/CBL 2™	Seite 04
2. Der universelle Datenlogger: Benutzungsvarianten	Seite 06
3. LabPro oder CBL 2™?	Seite 10
4. Softwareinstallation TI Connect™: Ohne Software geht nichts!	Seite 11
5. Experiment in Vollautomatik: Abkühlung von Tee	Seite 13
6. Experiment in Halbautomatik: Lichtstärke einer Glühlampe	Seite 18
7. Unterschiede zwischen den Messwerterfassungssystemen	Seite 24
8. Systemstatus des LabPro.....	Seite 26
9. Steuerung des LabPro.....	Seite 28
10. Remote-Modus des LabPro: Mit der 3 bekommt man alles!.....	Seite 29
11. Experiment: Beschleunigungsmessung im Remote-Modus	Seite 32
12. Datenspeicher des LabPro: Volle Eimer laufen über.....	Seite 34
13. Datensammeln: Schreiben eines Programms	Seite 36
14. Akustische Signale des LabPro.....	Seite 39
15. Experiment: Lieder komponieren.....	Seite 41
16. Fehleranalyse: Codes des LabPro/CBL 2™	Seite 43
17. Welche Sensoren gibt es?.....	Seite 47
18. Experiment: Freifall des LabPro	Seite 51

1. Grundlegendes zum Experimentieren mit dem LabPro/CBL 2TM

Nach dem Auspacken der Geräte wollen Sie bestimmt schnell erste Erfolge erleben. Nachfolgend wird in Schritten beschrieben, wie Sie Ihre Geräte zur erstmaligen Benutzung vorbereiten müssen. Nach diesen Vorbereitungen können Sie jeden beliebigen Versuch mit den etwa 50 verschiedenen Sensoren sofort ausprobieren.

Die Benutzung des LabPro ist einfach und erfolgt in maximal 8 Schritten:

1. Auspacken des Gerätes, Bestückung mit frischen **LR6**-Batterien oder Akkus (min. 2300mAh)
Von der Verwendung der kostengünstigeren R6-Batterien (Zink-Kohle) wird dringend abgeraten. Diese Batterien sind nicht stromfest und haben eine zu kurze Lebensdauer.
2. Installation der Software für
TI-89, TI-89 Titanium, TI-92, TI-92+, VoyageTM 200: Programm DATAMATE
3. Anstecken eines Sensors, z.B. TMP-BTA (Stainless-Steel-Temperatursensor)
4. evt. Drücken der Taste „QUICK-SETUP“
5. Verbinden des LabPro/CBL 2TM mit dem verwendeten Computer, Graphik- bzw. CAS-Rechner. Im Gerätezubehör finden Sie alle evt. benötigten Kabel:
USB-Kabel, serielles Kabel, Link-Kabel, Mac-Kabel
6. Starten der Software
7. evt. Definieren von Abtastrate und Versuchsdauer
8. Beginnen mit der Messwertaufnahme

Bei allen weiteren Experimenten mit dem LabPro kann auf Punkt 2 verzichtet werden.



In einer weiteren Handreichung werden viele Experimente aus dem Schulalltag beschrieben.

Dort geht es dann um

- die geeignete Auswahl der Sensoren,
- die Dimensionierung der Versuchsbedingungen,
- die geeignete Wahl der Präsentation der Ergebnisse,
- die Verwendung von LoggerPro in Windows und um DataMate an TI-Rechnern,
- Erwartungswerte, die auch in Form von ScreenShots dargestellt werden.

Es geht dort nicht um

- die Einrichtung und Eigenschaften des Programms „LoggerPro“
- die mathematisch / physikalische Auswertung der Daten,
- die Herleitung von Messgleichungen,
- numerische Fehleranalyse,
- den Ablauf einzelner Unterrichtsstunden.

Die mit dieser Abhandlung gezeigten Beispiele sind sehr ausführlich gehalten und sollen den Einstieg in den Umgang mit den Messwerterfassungssystemen erleichtern.

Im Anhang finden Sie das Beispiel „Freifall des LabPro“, in welchem dann notwendigerweise auf die Verwendung von LoggerPro zurückgegriffen werden musste. Praktisch wird es passieren, dass für eine Versuchsauswertung selbst die Stärken des großen Displays des Voyage™ 200 nicht ausreichen.

Wenn Sie jedoch erst einmal das Funktionsprinzip des LabPro/CBL 2™ verinnerlicht haben, wird Ihnen ein Umstieg auf alternative Versuchsauswertung nicht schwer fallen.

2. Der universelle Datenlogger

Benutzungsvarianten

Die Verbindung zwischen dem LabPro und dem TI-Rechner erfolgt immer über das im Lieferumfang enthaltene schwarze Link-Kabel (Klinkenkabel).

Vernier hat die im Lieferung enthaltenen Halterungen für TI-Rechner optimiert.

Folgende TI-Rechner sind kompatibel zum LabPro/CBL 2™:

TI-82, TI-83, TI-83 Plus, TI-84 Plus, TI-84 Plus Silver Edition,

TI-89, TI-89Titanium, TI-92, TI-92+, Voyage™ 200

! Achtung ! Bei Nichtbenutzung des Gerätes unbedingt wenigstens eine Batterie bzw. Akku entfernen! Die Stromaufnahme im Leerlauf beträgt **0,2mA**. Meist sind deswegen genau dann die Batterien leer, wenn ein Versuch ansteht, keine Ersatzbatterien da sind und das Netzteil am falschen Ort liegt. Halten Sie deshalb immer alle Geräteteile zusammen!

Wenn die Betriebsspannung das LabPro bei angeschlossenem Computer einen Grenzwert unterschreitet, wird Ihr Computer mit „Blue-Screen“ und Getüdel gnadenlos abstürzen!

Stromversorgung:

A) Bestenfalls betreiben Sie das LabPro mit dem im Lieferumfang enthaltenen Netzteil. Alternativ können Sie auch ein Universalnetzteil verwenden. Achten Sie darauf, dass die Sekundärspannung 6,0V beträgt und möglichst stabilisiert ist. Eine Stromfestigkeit von 500mA reicht aus.



Lebenswichtig für das Gerät: Außenpol + und Innenpol - !!

Das Netzteil des TI-ViewScreen™ bietet maximal 300mA und ist nicht geeignet. Die meisten Kleinleistungsnetzteile zeigen nach wenigen Stunden Gebrauch deutliche Verschleißerscheinungen am Kabel. Dies zeigt sich dann total verleierte, was beinahe immer im Kabelbruch endet.

Keiner kann sich dann erklären, wer das war und wie das passieren konnte. Gewöhnen Sie sich deshalb an, solche Netzteile sorgfältig aufzuräumen und behandeln Sie das Kabel wie Lametta vom Weihnachtsbaum.

Das Bild zeigt, wie man in Sekunden den Stromanbieter zum Aufräumen vorbereitet hat.



- B) 4 Stück LR6-Batterien. Verwenden Sie bitte keine Zink-Kohle-R6-Batterien!
- C) 4 Stück AA – Akkus mit mindestens 2500mAh

LabPro am TI-89/TI-89 Titanium:



Diese Kombination eignet sich besonders für Handversuche oder Outdoor-Experimente.

Seitlich in der Halterung (hellgrau für TI-89; transparent für TI-83, TI-84) ist ein Schlitz zur Kabelführung angebracht. Das ist recht praktisch, weil später noch genügend Kabel für die Sonden die Ordnung stören werden. Das LabPro trägt jetzt (Abb.) den TI „huckepack“. Die Verbindung erweist sich, man glaubt es kaum, als äußerst stabil.

Vorteil: Weil der TI-89 Titanium sowohl eine Link- als auch eine USB-Schnittstelle hat, kann man während des Experimentierens komfortabel ScreenShots vom TI-Display machen, ohne ständig umstecken zu müssen.

LabPro am Voyage™ 200:

Einfacher geht es nicht: Geräte mit dem schwarzen Klinkenkabel (im Lieferumfang enthalten) verbinden, fertig.

Die Geräte aktivieren sich gegenseitig.

Es ist empfehlenswert, bei dieser Kombination ein möglichst langes Kabel zu verwenden, denn dann kann das LabPro am Experimentierplatz bleiben und der Voyage™ 200 ist besser zu

handeln, man kann auch mal schnell eine Kurve oder die Bedienung den Schülern vorführen oder den Voyage™ 200 in der Nähe des Overhead-Projektors platzieren, falls Sie den TI-ViewScreen™ verwenden.



Diese Kombination ist optimal für alle Versuche am Lehrertisch.

LabPro am Laptop

Sie verwenden keinen TI-ViewScreen™ sondern haben Experimentierplätze mit Computerausstattung oder im Physik-Raum einen Beamer? Dann schließen Sie das LabPro mit dem im Lieferumfang enthaltenen USB-Kabel an Ihren Computer an. Es muss vorher das Programm LoggerPro installiert worden sein. Das starten Sie dann und Sie werden aus dem Staunen nicht mehr heraus kommen...

Diese Kombination ist optimal für alle quantitativen Experimente mit oder ohne Videoaufzeichnung.

LabPro ganz alleine:

In einigen extremen Situationen mangelt es einfach an Platz, noch einen PC, Laptop, oder Taschenrechner mitzunehmen. Ihr LabPro ist auf dieses Problem vorbereitet und in der Lage, eigenständig Daten zu erfassen, die dann intern in 128kB in Form von Listen gespeichert werden und mit den im Kapitel „Software“ beschriebenen Programmen auf den Taschenrechnern oder dem PC ausgewertet und verarbeitet werden können.



In dieser Variante haben Sie zwei Möglichkeiten der Messwerterfassung:

A) Spontanmessung

1. LabPro mit Batterien bestücken.
2. (optional) Reset ausführen: Drücken Sie etwa 5s lang die Taste START/STOPP, bis alle LED's aufleuchten.
3. Anstecken des gewünschten Sensors.
"Falsches" Anstecken ist nicht möglich!
4. Drücken Sie auf QUICK SETUP.
5. Beginnen Sie Ihre Messung mit START/STOPP.
6. Die Messreihe endet automatisch nach geräteintern voreingestellten Zeiten. Ebenso erfolgt die Aufnahme in intern auf den entsprechenden Sensor optimierten Intervallen.
Vorzeitiges Beenden der Messung mit START/STOPP.

Diese Variante ist optimal für alle spontanen Aktivitäten ohne besondere Vorbereitung.

B) Definierte Messung

1. LabPro mit Batterien bestücken.
2. Anstecken des gewünschten Sensors.
3. Verbinden des LabPro mit einem Rechner.
4. Starten von DataMate(), datbipps() oder LoggerPro
5. Versetzen des LabPro in den Remote-Modus (allg. Bezeichnung) bzw. Manuelles Triggering (Bezeichnung in DataMate)
6. LED's leuchten (grün, gelb)
7. Trennen der Verbindung zum Taschenrechner / Computer
8. Beginnen der Messung mit START/STOPP, Ende der Messung automatisch.

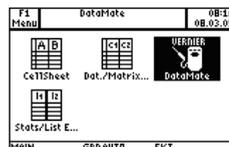
Das Listing für das Programm datbipps() erhalten Sie im entsprechenden Kapitel.

Jetzt sind die Daten im LabPro/CBL 2™. Wie komme ich da ran?

A) LabPro → TI-Rechner

Zum Einlesen der Messwerte aus dem LabPro oder CBL 2™ in den Taschenrechner verbinden Sie die beiden Geräte mit dem Link-Kabel und...

- a) starten auf dem Rechner die Applikation „DataMate“, wenn Sie diese installiert haben oder
- b) drücken Sie am LabPro die TRANSFER-Taste, warten den Abschluss der Datenübertragung ab und geben anschließend im HOME-Modus den Befehl **datamate()** ein.



Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.

B) LabPro → LoggerPro

Zum Einlesen der Messwerte aus dem LabPro in das PC-Programm LoggerPro...

1. verbinden Sie beide Geräte mit dem im Lieferumfang enthaltenen USB-Kabel.
2. Starten Sie LoggerPro. Das Programm erkennt das angeschlossene Gerät und dessen Wissen.
3. Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm

C) LabPro/CBL 2™ / TI-Rechner → LoggerPro

Zum Einlesen der Messwerte aus dem CBL 2™ in das PC-Programm LoggerPro...

1. verbinden Sie die beiden Geräte mit dem Link-Kabel (nicht im Lieferumfang enthalten)
2. Starten Sie LoggerPro. Das Programm erkennt das angeschlossene Gerät noch nicht!
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche „Import from TI-Device“ 
4. Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.

Diese Variante ist optimal für alle spontanen Aktivitäten mit besonderer Vorbereitung.

3. LabPro[®] oder CBL 2[™]?

Die Entscheidung kann Ihnen nicht abgenommen werden. Fakt ist: Beide Geräte kommen aus einem Haus und beide Geräte arbeiten zuverlässig. Für jegliche Unterrichtszwecke reicht die Verwendung des CBL 2[™] völlig aus. Das LabPro ist etwas teurer, bietet aber mehr Komfort. Vergleichen Sie die Liste!

	LabPro	CBL 2[™]
		
Kanäle	4 analog, 2 digital/sonic	3 analog, 1 digital/sonic
Kompatibilität zu analogen Vernier-Sensoren	alle Sensoren	alle Sensoren
Kompatibilität zu digitalen Vernier-Sensoren	motion (2), photogate, radiation, rotary motion, drop counter	
Analoger Ausgang z.B. für Funktionsgenerator	Ja	Nein
Digitale Ausgänge	Ja (8 Lines)	Ja (4 Lines)
max. Sampling-Rate	50000 samples/sec	
interner Wertespeicher	12287 Daten (128kB)	
Auflösung	12 bit	10 bit
Anschlüsse	seriell, USB, Link-Port	Link-Port (erfordert TI-GraphLink)
Kabel mitgeliefert?	Alle. Für Windows und Mac	Ja, nur Link-Kabel
Netzteil mitgeliefert?	Ja	Nein
Kompatible Rechner	TI-82, TI-83, TI-83 Plus, TI-84-Plus, TI-84 Plus Silver Edition, TI-89, TI-89Titanium, TI-92, TI-92+, Voyage[™] 200	
Stand-Alone-Betrieb	Ja	
Mitgelieferte Sensoren	Voltage	Voltage, Temperatur, Licht
Enthaltenes Zubehör	Computer-Kabel (seriell, USB), Link-Kabel, Netzteil, Halterungen, Bedienungsanleitung (engl.)	Link-Kabel, Halterungen, Batterien, Bedienungsanleitung

4. Softwareinstallation TI

Connect™

Ohne Software geht nichts!

Ihr TI-Rechner am Computer: TI Connect™

Zunächst bereiten Sie Ihren TI-Rechner auf die zukünftige Kommunikation mit anderen Peripheriegeräten vor. Sie werden die Möglichkeit haben,

- Software- und Datenbackups des TI-Rechners zu erstellen,
- Softwareaktualisierungen über das Internet per einfachen Mausklick vorzunehmen,
- das LabPro oder CBL™/CBL 2™ oder auch sonstige Geräte anzusteuern,
- die gesammelten Messwerte in speziellen Computerprogrammen wie LoggerPro von Vernier auszuwerten oder auch
- Messwernerfassung mit „Go!-Link“ vorzunehmen.

Die Software TI Connect™ wird mit dem CBL 2™ und mit dem TI-Rechner auf CD ausgeliefert. Alternativ können Sie die aktuelle Version im Internet auf

education.ti.com beziehen. Sie wird dort zum Download angeboten.

Seit Januar 2006 gibt es die 18MB große aktuelle Version 1.6

LabPro am TI-89Titanium und Voyage™ 200: DataMate()

Sie benötigen auf dem Taschenrechner eine Software, die mit dem **LabPro** kommunizieren kann und Ihnen beim Auswerten der Daten hilft.

Vernier hat gemeinsam mit Texas Instruments die Software **DataMate** entwickelt.

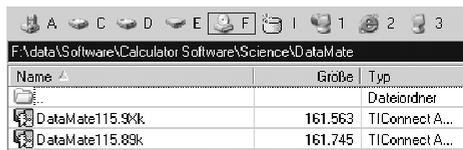
Diese Software ist als Freeware im Internet auf education.ti.com/ oder auf

www.vernier.com erhältlich. Sie finden Sie auch auf der dem TI-Rechner

zugehörigen CD. Sie ist auf den TI-Rechnern in der Grundeinstellung aber noch nicht vorinstalliert.

Die Installation ist einfach, wenn Sie die Software **TI-Connect™** auf Ihrem Computer installiert haben:

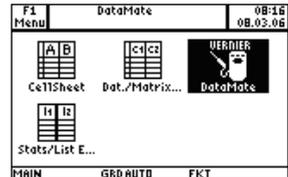
1. Verbinden Sie Ihren Ti-Rechner mit dem Computer. (USB oder Link-Kabel)
2. Lokalisieren Sie auf Ihrer Festplatte oder auf der mitgelieferten CD Ihres TI-Rechners die Datei „DataMate...“
3. Markieren Sie im Windows-Explorer oder einem ähnlichen Programm die Datei DataMate... mit der rechten Maustaste.
4. Wählen Sie, falls schon jetzt im Menü angezeigt, den Eintrag „**Senden an TI-Gerät**“.
Oder wählen Sie im Untermenü „**Senden an...**“ den Eintrag „TI-Gerät“.



DataMate115.9Xk für TI-92, TI-92+, Voyage™ 200

DataMate115.89k für TI-89, TI-89 Titanium

5. Schon kurze Zeit später haben Sie auf dem TI-Rechner ein neues Programm-Symbol: **DataMate**.
6. Starten Sie das Programm, *nachdem* Sie das LabPro an den TI-Rechner angeschlossen haben
7. Die gesamte Menüführung in DataMate geschieht über das Eingeben von Zahlen, und der Umgang mit dem Programm erlernt sich sehr schnell. Mehr dazu erfahren Sie an geeigneter Stelle auf den nächsten Seiten...

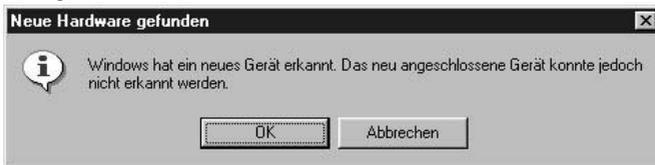


Probleme nach der Installation

Je nach Rechnerkonfiguration *kann* folgendes passieren, dafür können Sie nichts:

1. Sie haben nach der ersten Installation den TI-Rechner mit einem bestimmten USB-Port verbunden und nach hinreichender Wartezeit endlich die ganzen Gerätetreiber installiert.
2. Irgendwann später stecken Sie den Rechner an einen anderen USB-Port. Windows merkt nicht, dass es dieses Gerät schon kennt und will wieder Treiber installieren.

Wenn Sie acht USB-Anschlüsse haben, kann Ihnen das achtmal passieren! Verhalten Sie sich verständnisvoll zu Ihrem Computer und klicken Sie brav auf Weiter oder OK, denn auch Ihr Computer wird irgendwann hinzulernt haben und das angeschlossene Gerät auch ohne Brille erkennen.



Jetzt haben wir genügend Grundlagenwissen, um in ein paar recht einfachen Versuchen die Funktionsweise der Gerätschaften zu erforschen.

Packen Sie das Gerät schon mal aus und begutachten Sie die mitgelieferten Teile.



5. Experiment in Vollautomatik: Abkühlung von Tee

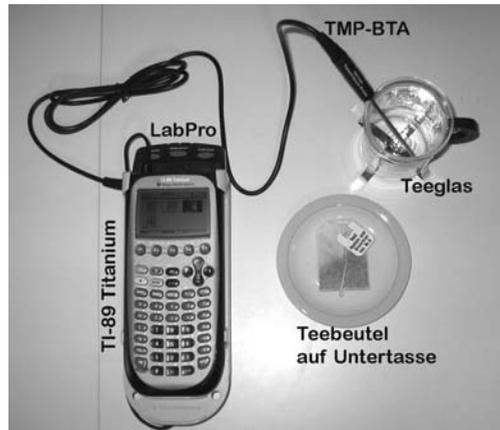
Hier sollen Sie erlernen, wie einfach der Umgang mit dem LabPro sein kann. In völliger Handarbeit mit einem Quecksilberthermometer hätten Sie richtig Stress. Das Kapitel ist Kolleginnen/Kollegen gewidmet, die erstmals mit dem LabPro bzw. CBL 2™ arbeiten.

Der Versuch eignet sich auch für Mathematik: Es kann demonstriert werden, dass ein schmales Intervall eines Kurvenzuges hinreichend genau durch eine lineare Funktion beschrieben wird.

Aufgabe: Nehmen Sie eine Abkühlungskurve für eine Tasse Tee auf!
Finden Sie selbst Optimierungsmöglichkeiten!

Geräte:

- LabPro, TI-Rechner
- Stainless-Steel Temperature Probe (TMP-BTA)
- eine Tasse oder ein Glas frisch gebrühten Tee
- Untertasse



Vorbereitung:

Stellen Sie alle Geräte zusammen, die in der Liste aufgeführt sind bzw. die im Bild gezeigt werden. Statt Tee können Sie auch einfach heißes Wasser verwenden. Kaffee, Milch, Soljanka, Hühnersuppe, Kartoffelbrei o.ä. sind auch geeignet. *Bestücken Sie das LabPro mit vier frischen Batterien vom Typ LR6 oder vier geladenen Akkus der gleichen Größe, mind. 2300mAh. Alternativ arbeiten Sie mit einem Netzteil (im Lieferumfang des LabPro).*

Durchführung mit dem TI-Rechner:

1. Erhitzen Sie mit einem Tauchsieder oder einem äquivalenten Gerät Wasser bis zum Siedepunkt. Bereiten Sie sich eine köstliche Tasse Tee. Die Tasse sollte eine Füllhöhe von etwa 7-8cm haben. Muss sie aber nicht. Auf die Verwendung von Geschmackszusätzen oder Löffel kann verzichtet werden.



2. Verbinden Sie eine Sonde **TMP-BTA** (Stainless-Steel-Sonde) mit **CH1** des LabPro.

Anm.: Die Verbindung erfolgt über einen sog. Right-Hand-Stecker, CH1 empfängt ein analoges Signal.

Die Bezeichnung BTA steht übrigens für „British Telecom Analog“ und kennzeichnet die Art der Steckverbindung.



3. Verbinden Sie das **LabPro** über das im Lieferumfang enthaltene Link-Kabel (dünne Klinkenstecker) mit dem **Voyage™ 200** oder einem graphikfähigen TI-Rechner.

In der oberen Abbildung wurde ein **TI-89 Titanium** verwendet.



4. Starten Sie am TI-Rechner das Programm

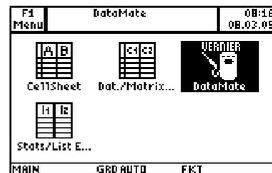
„**DataMate**“!

Die Installation von DataMate auf dem TI-Rechner wurde im Kapitel „Software“ beschrieben.

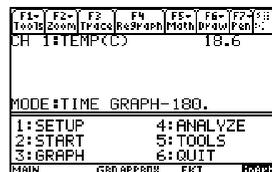
Normalerweise starten Sie dieses Programm über die Benutzeroberfläche. Alternativ über das APPS-Menü.

Sie müssen auf Ihrem TI-Rechner nacheinander die nebenstehenden Bilder sehen.

Wenn z.B. hinter „ROM:“ nichts steht, dann stimmt etwas mit der Energieversorgung nicht oder das Link-Kabel (Arbeitsschritt 3) ist noch nicht gesteckt.



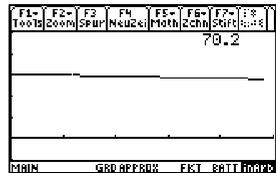
5. Der TI-Rechner erkennt die Sonde und zeigt nach kurzer Zeit die aktuell gemessene Temperatur in °C an. In der Abbildung können Sie ablesen: $\vartheta=18,6^{\circ}\text{C}$. Sollte als Temperatur „999,99“ oder ein ähnlicher fehlerhafter Wert ausgegeben werden, drücken Sie die Taste QUICK SETUP oder ziehen Sie die Sonde ab und stecken sie in CH2, anschließend nochmals abziehen und wieder in CH1. Es erfolgt „Checking Sensors“ mit Erfolg. Falls wieder Fehler, dann Batterien im LabPro ersetzen oder Netzteil verwenden.



6. Als Grundeinstellung für diesen Sondentyp schlägt DataMate vor, einen „TimeGraph 180“ auszumessen, also drei Minuten lang im Intervall $\Delta t = 1\text{ s}$. Wir erhalten **180 Wertepaare!**

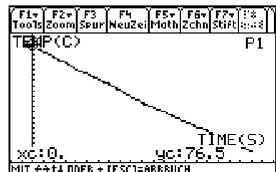


- Behalten Sie diese Einstellung zunächst bei.
7. Stecken Sie die Sonde in den Tee und warten Sie einen Augenblick, bis sich der Stahlstab erwärmt hat. Drücken Sie erst dann **2** (start), wenn sich die angezeigte Temperatur nicht mehr vergrößert!
8. Das **LabPro** signalisiert akustisch den Start der Messung. Im Display können Sie die Messwerte als Punkte im Koordinatensystem verfolgen.



Hinweis: Sie bemerken eine Unzulänglichkeit und wollen den Versuch vorzeitig stoppen??
 → Drücken Sie einfach die Taste **[STO]**.

9. Das **LabPro** signalisiert akustisch das Ende der Messung. Nach wenigen Augenblicken wird Ihnen ein automatisch ein an die Fenstergröße angepasstes Temperatur-Zeit-Diagramm ausgegeben.
- Manchmal sieht das sehr merkwürdig aus, doch für diesen Fall kann man sich (später) einen Graphenbereich zur Ansicht auswählen.



Noch vor Ende der Messreihe werden Sie erkannt haben, dass

- a) das gewählte Messintervall zu kurz ist oder
- b) eine zu große Flüssigkeitsmenge gewählt wurde oder
- c) das Gefäß zu gut isoliert, also die Wärmeabfuhr pro Zeiteinheit zu gering ist.

Wahrscheinlich haben Sie jetzt das Prinzip erkannt. An der hier demonstrierten generellen Arbeitsreihenfolge wird sich bei Ihren Versuchen nichts ändern, auch wenn Sie andere Sonden zu anderen Zwecken verwenden.

Lassen Sie uns den Versuch optimieren.

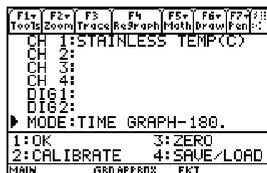
Wir werden die gesamte Messdauer vergrößern und das Messintervall auf $\Delta t = 5\text{ s}$ setzen.

In DataMate navigieren Sie durch Drücken der für die einzelnen Optionen vorgegebenen Zahlen, mit den Cursortasten, ESC, STO und F5.



1. Wählen Sie im Hauptmenü die Option **1** (setup)!

2. Wählen Sie **Mode:Time Graph...** **[ENTER]**



3. Drücken Sie **2:Time Graph**



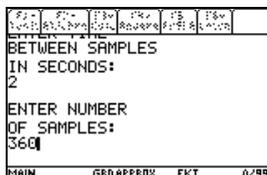
4. Drücken Sie **2: Change Time Settings**

5. Bei „**Time between samples**“ geben Sie die Intervalllänge zwischen den einzelnen Messungen an:

2 (Sekunden) – **[ENTER]**

Schließlich muss man ja nicht jede Sekunde messen lassen... Man kann es aber...

Die Wahl eines längeren Intervalls kann durchaus angenehmere Darstellungen liefern!
Probieren Sie z.B. **5** Sekunden aus.

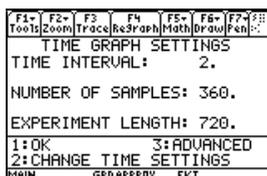


6. Bei „**Number of samples**“ tippen Sie die Anzahl der gewünschten Messwerte ein: z.B. **360** – **[ENTER]**

7. Es erscheint der Hinweis „**Experiment LENGTH: 720**“, der Versuch dauert also 720 Sekunden = 12min

8. Bestätigen Sie so oft mit **1 (ok)**, bis Sie wieder im Hauptmenü von DataMate angekommen sind.

Dann steht etwa mittig im Display „**MODE:TIME GRAPH-720**“.



Jetzt können Sie das Experiment erneut starten und erhalten z.B. das nebenstehend abgebildete Ergebnis.

Beginnen Sie dazu mit Punkt 7 der

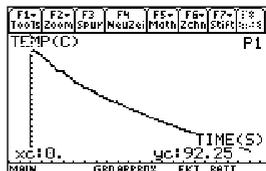
Durchführungsbeschreibung.

(Zwischenzeitliches Abklemmen der Geräte ist nicht notwendig.)

Die Achsen werden nach Abschluss der Messung automatisch beschriftet und Sie erhalten eine

Information über die aktuelle Cursorposition auf dem Graphen. In der

Momentaufnahme liest man also ab, dass zur nullten Sekunde (Beginn der Messung) eine Teetemperatur von 92,25°C gemessen wurde.



Mit den Cursortasten können Sie auf Ihrem Graphen „entlang fahren“. und im unteren Bildschirmteil Zeit (xc) und Temperatur (yc) als Wert ablesen.

Durch Drücken von **[ESC]** verlassen Sie die Graphik–Anzeige. Durch Drücken von **6:Quit** aus dem Hauptmenü von DataMate verlassen Sie das Programm. Es erscheint noch der Hinweis, dass alle Werte der letzten Messreihe in bestimmten Listen gespeichert sind (gut zu wissen).



Mit der Taste **[F5]** gelangen Sie in das Hauptmenü des Taschenrechners (HOME–Modus)

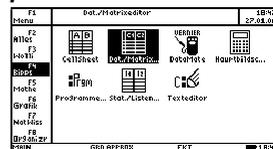
Hinweis: „D in L6“? Distance in Liste 6. Das steht dann in Data/Matrix-Editor in c6.

Analog sind die Werte für Velocity in Liste7 und die Werte für Acceleration in Liste 8 gespeichert, wenn mit einem CBR™ aufgenommen wurden.

Verwenden der Messdaten zu einem späteren Zeitpunkt

Das Experiment ist beendet, die Geräte sind voneinander getrennt. Den Erfolg wollen Sie anderen Leuten zeigen.

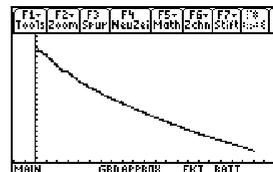
a. Starten Sie von der **[APPS]**-Oberfläche den **Data/Matrix-Editor**.



b. Wählen Sie „**aktuell**“. Sie werden all Ihre 360 Messwertepaare entdecken.

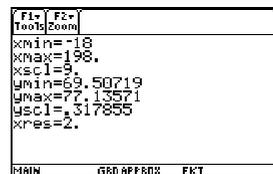
c. Mit dem Befehl **GRAPH** zeichnet der TI-Rechner unvermittelt die Kurve wieder auf.

d. Drücken Sie **F3**, dann gibt es zur Cursorposition auch noch die Koordinaten.



e. Im **Window**-Menü können Sie nach Bedarf die Achseneinteilung neu definieren, denn der automatisch skalierte Graph kann durchaus die Ablesbarkeit erschweren.

f. Ihr Plot, also der Kurvenzug, bleibt gespeichert, bis Sie ihn löschen oder durch eine neue Messreihe überschreiben (lassen).



Wichtige Auswertungsinhalte:

- Diskussion der Graphenformen
- Deutung von eventuellen Unstetigkeitsstellen auf dem Graphen
- evt. Regression (Handarbeit oder Verwendung der Regressionsautomatik des TI-Rechners)
- Diskussion der Versuchsbedingungen auf den Temperaturverlauf
- Planung ähnlicher Versuche, z.B. Vergleich verschiedener Flüssigkeiten

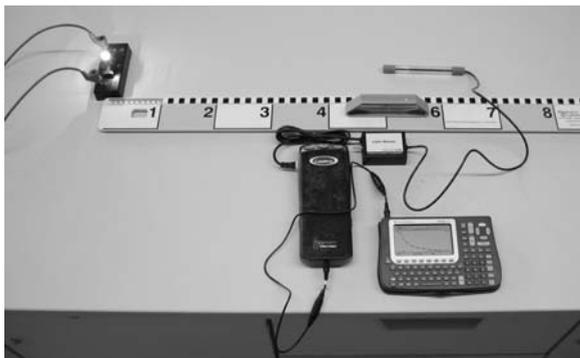
6. Experiment in Halbautomatik: Lichtstärke einer Glühlampe

Mit diesem Versuch wird Ihnen dargestellt, wie Sie eine halbautomatische Messreihe aufnehmen. Außerdem werden die Optimierung der graphischen Darstellung und der Ansatz einer mathematischen Modellierung gezeigt.

Aufgabe: Untersuchen Sie den qualitativen Zusammenhang zwischen dem Abstand von einer leuchtenden Glühlampe und der Lichtstärke.

Geräte:

- Glühlampe
(etwa 6V, 6W);
alternativ: Kerze
- LabPro oder
- CBL 2™
- Light-Sensor
LS-BTA
- Tafellineal oder
Zollstock

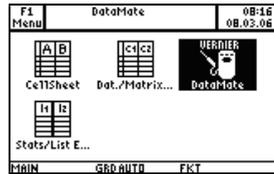


Durchführung:

1. Stellen Sie die Stromversorgung Ihres LabPro sicher.
2. Etwa 5 bis 10s nach dem Batterieeinbau oder der Netzteilverbindung ist die interne Setup-Routine durchlaufen.
Verbinden Sie den BTA-Stecker vom Lichtsensor mit der Buchse CH1 des LabPro.
(BTA steht übrigens für „British Telecom Analog“)
3. Stellen Sie den Schalter am Sensor auf „0 – 600Lux“.
4. Drücken Sie die Taste „Quick Setup“.
5. Verbinden Sie das LabPro mit Ihrem TI-Rechner. Verwenden Sie hierfür das Link-Kabel.
6. Schalten Sie den TI-Rechner ein, falls das nicht automatisch passiert.



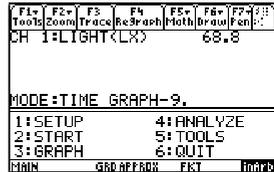
7. Wählen Sie aus dem [APPS] – Menü den Eintrag „DataMate“.



8. Ihr TI-Rechner wird jetzt Kontakt mit dem LabPro aufnehmen. Zunächst wird Ihnen der Startbildschirm von DataMate angezeigt.



9. Im Startbildschirm von DataMate lesen Sie ab:
- den / die belegten Kanal / Kanäle mit dem Angeschlossenen Sensortyp,
 - zu den Sensoren den aktuellen Messwert, hier: Lichtstärke 68,8 Lux,
 - den Modus zur Messreihenerfassung,
 - im unteren Bildschirmteil das Bedienfeld.



10. Wir nehmen eine halbautomatische Messreihe auf, denn wir ordnen den von der Elektronik gemessenen Lichtstärken die von uns gemessenen Abstände durch manuelle Eingabe zu. Das erfordert die Änderung der Grundeinstellungen des LabPro. Später werden Sie erfahren, wie der Versuch durch gleichzeitigen Einsatz des CBR™ noch komfortabler wird.

Wir machen ein Setup. Drücken Sie **1:SETUP**.

11. Wählen Sie mit den Pfeiltasten \ominus oder $\omin�$ den Eintrag **MODE:TIME GRAPH-9** und drücken Sie [ENTER].



12. Es wird Ihnen eine Liste möglicher Inputs vorgegeben. Drücken Sie die Taste **3** für **3:EVENTS WITH ENTRY**



13. Das war eigentlich schon alles. DataMate springt zum Hauptbildschirm zurück. Es wird die aktuelle Lichtstärke angezeigt. Als Modus haben wir die halbautomatische Werteerfassung gewählt.

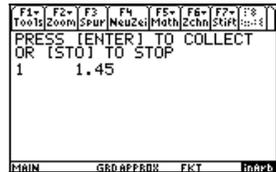


14. Stellen Sie eine Kleinglühlampe oder eine Kerze auf. Die Erleuchtung derselben wird in den folgenden Minuten Ihr einziges Licht sein! Positionieren Sie die Geräte wie eingangs im Bild dargestellt und halten Sie den Sensor zunächst bei 100cm.

15. Nun sollten Sie den Versuchsraum bzw. das Labor möglichst vollständig abdunkeln. Wenn Sie die elektrische Verdunklungsanlage betätigen sollten Sie an Ihre vielen Kollegen denken, die im Physikraum gerade mal notdürftige Schattenspender an den Fenstern haben. Ihre Augen werden sich nach kurzer Zeit an die Dunkelheit gewöhnen. Schauen Sie auf das Display Ihres TI-Rechners! Können Sie etwas ablesen?

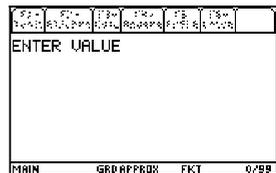
Richtig, eine sehr kleine Lichtstärke. Bei einer Lampe etwa 4 bis 5 Lux, bei einer Kerze etwa 1 Lux.

16. Drücken Sie **[ENTER]**, um den ersten Messwert aufzunehmen.



17. Nun geben Sie den für diesen erfassten Messwert gültigen Nebenwert ein, also die Entfernung.

Tippen Sie ein **[1][0][0]**; **[ENTER]**



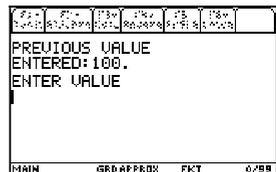
18. Unvermittelt möchte der TI-Rechner weitere Werte erfassen.

Schieben Sie den Lichtsensor langsam auf 90cm Entfernung und drücken Sie **[ENTER]**.

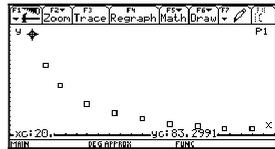
Jetzt hat sich etwas geändert: Im Display wird Ihnen der letzte manuell eingegebene Wert mitgeteilt.

Tippen Sie nun **[9][0]**; **[ENTER]** ein.

Verfahren Sie weiter so, bis hinreichend viele Messwertpaare erfasst sind. Drücken Sie zum Versuchsende die Taste **[STO]**.



19. Das Programm DataMate berechnet jetzt den optimalen Zoom für die Darstellung und zeichnet dann die Lichtstärke in Abhängigkeit von dem Abstand in das Diagramm.
Mehr passiert erst mal nicht.
Das Diagramm verlassen Sie mit **[ESC]**.



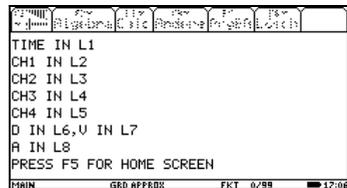
Auswertung:

Allein aus der Graphik kann man schon den qualitativen Zusammenhang zwischen den Größen ablesen. Wir können aber noch

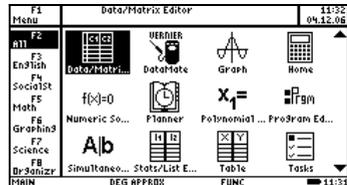
- die Darstellung optimieren
- eine passende mathematische Funktion suchen

Optimierung der Darstellung:

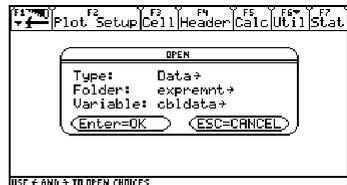
1. Wenn Sie wieder im Startbildschirm von DataMate angekommen sind, drücken Sie **[6]**, um das Programm zu verlassen. Sie erhalten einen Hinweis, in welchen Variablen die Daten der Messkanäle des LabPro gespeichert sind. Drücken Sie **[F5]**.



2. Starten Sie nach Drücken von **[APPS]** den Data/Matrix-Editor



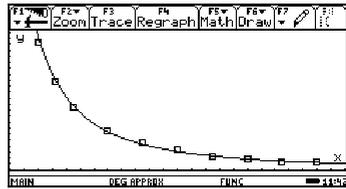
3. Es wird nachgefragt, welche Datei geöffnet werden soll. Beantworten Sie mit „current“ bzw. „aktuell“
Alternativ öffnen Sie die Datei „cbldata“ im Verzeichnis „main“ oder aus dem jeweiligen Verzeichnis, in dem Ihre Datei steht.



4. Sie können jetzt in einer Tabelle Ihre Daten einsehen.
Hier können Sie gegebenenfalls Datensätze löschen. Aber Vorsicht! Wenn Sie z.B. r5c1 löschen, müssen sie auch r1c2 löschen, sonst haben die Listen verschiedene Dimensionen und der TI-Rechner wird jegliches Zeichnen oder Rechnen verweigern.

DATA	c1	c2	c3	c4	c5
1	100.	4.7009	0.	0.	0.
2	90.	5.265	0.	0.	0.
3	80.	6.5812	0.	0.	0.
4	70.	8.2137	0.	0.	0.
5	60.	13.539	0.	0.	0.
6	50.	18.427	0.	0.	0.
7	40.	25.761	0.	0.	0.

5. Wechseln Sie in den Graphik-Editor. Auf Ihrem Bildschirm wird eine hervorragende Graphik angezeigt:
Die Boxes stammen aus dem Versuch, die durchgehende Linie gehört zur aufgefundenen Funktion.
Hoffentlich geht das bei allen Versuchen so schnell und ordentlich.



In den meisten Fällen werden Sie die einzelnen Arbeitsschritte mehrfach durchlaufen müssen, um eine passende Funktion zu finden. Das fängt mit der geeigneten Wahl der Regression an und endet mit Problemen wirklich einzelner Wertepaare, die auf Teufel komm raus nicht in die Theorie passen wollen. Dann hilft nur das weiter oben (Optimierung, Punkt 4) beschriebene Löschen der Wertepaare.

Vorbereitungsdauer: 10 Minuten

Versuchsdauer: etwa 2 Minuten

7. Unterschiede zwischen den Messwerterfassungssystemen

Frage: Ich benutze kein LabPro. Ich benutze das CBL 2™. Was nun?

Antwort: Das ist überhaupt kein Problem!

CBL 2™ am TI-Rechner: DataMate()

Sie verfahren wie im oberen Abschnitt „LabPro am TI-Rechner“ beschrieben.

Wenn Sie das Programm DataMate nicht auf dem TI-Rechner installieren wollen oder können, dann können Sie die Datenlogger trotzdem verwenden. Der Hersteller hat nämlich vorgesehen, dass bei der erstmaligen Datenübertragung vom LabPro oder vom CBL 2™ in den TI-Rechner durch Drücken der TRANSFER-Taste

- a) eine Version DataMate in das Hauptverzeichnis (main) Ihres TI-Rechners und
- b) die gesammelten Daten in Listen im Hauptverzeichnis Ihres TI-Rechners eingespielt werden.

Sie können von nun an im **[HOME]**-Modus mit dem Befehl **datamate()** das Programm starten und damit arbeiten. Die auf diese Weise in den Rechner gespielte Kopie von DataMate arbeitet jedoch etwas langsamer als die Applikation. Daher wird die Installation der Applikation ausdrücklich empfohlen.

CBL 2™ am (Windows) Computer: LoggerPro

Das CBL 2™ hat zwar keinen USB-Anschluss und kann daher nicht zum direkten Messen mit dem Programm LoggerPro verwendet werden, Sie können aber mittels Link-Kabel eine Verbindung zum Computer herstellen. Das CBL 2™ wird als „TI-Device“ erkannt.



Damit ist es möglich, mit dem CBL 2™ aufgenommene Messwerte durch Drücken der Schaltfläche „Import from TI-Device“ in das Computerprogramm LoggerPro zu übernehmen und dort graphisch darzustellen!

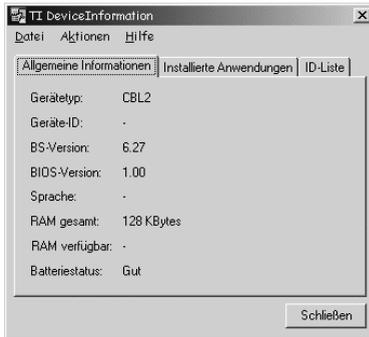
Aktuelle Softwareversion des LabPro/CBL 2™

Wenn Sie das LabPro/CBL 2™ mittels Link-Kabel mit dem Computer verbinden und anschließend das Computerprogramm TI Connect™ starten, können Sie dort über die Schaltfläche „TI-DeviceInfo“ die Daten Ihres LabPro/CBL 2™ abfragen. Alternativ informieren Sie sich mit Hilfe Ihres TI-Rechners über die Betriebssystem (OS)-Version des Datenloggers, wie im Kapitel „Systemstatus des LabPro“ gleich am Anfang beschrieben.

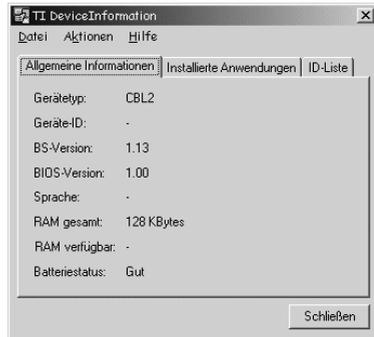
Das LabPro/CBL 2™ verfügt über ein Betriebssystem (OS) und es ist eine Version des Programms DataMate hinterlegt. Diese beiden Programme können Sie durch normales Handling des Gerätes nicht verändern oder gar löschen. Sie können jedoch ähnlich eines Updates des TI-Rechners ein Softwareupdate einspielen.

Übersicht über aktuelle OS – Versionen im Januar 2006

Gerät	LabPro	CBL 2™
Betriebssystem (OS) – Version bei Auslieferung	6.0627	5.0113
aktuelle OS - Version	6.0627	5.0627



Abfrage eines neuen LabPro

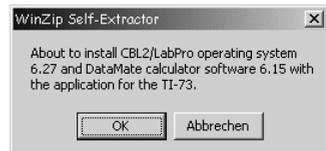


Abfrage eines neuen CBL 2™

Für die benötigten Programme erhalten Sie über die Internetseite des Herstellers www.vernier.com aktuelle Updates, die Sie einfach einspielen können. Die zum Download angebotene Datei heißt z.B. „**VS&Tg12_update_8.exe**“. Laden Sie sich diese bzw. die entsprechende Datei herunter und speichern Sie die Datei in einem Verzeichnis auf Ihrer Festplatte.

So führen Sie ein Update der installierten Software durch:

1. Prüfen Sie die installierte Betriebssystem OS–Version.
2. Orten Sie z.B. mit dem Windows–Explorer die herunter geladene Datei VS&Tg12_update_8.exe
3. Verbinden Sie das LabPro/CBL 2™ per Link-Kabel mit Ihrem PC.
4. Führen Sie einen Doppelklick auf die Datei aus.
5. Nach wenigen Sekunden können Sie den Datentransfer am blauen Laufbalken verfolgen.
6. Es wird zunächst der Basecode in das Gerät geschrieben. Dieser Vorgang endet mit den Pieptönen beim Einschalten des LabPro bzw. CBL 2™
7. Danach wird DataMate und die Kommunikationssoftware für TI-84 Plus und TI-73 Explorer eingespielt.
8. Der gesamte Vorgang kann bis zu 10min dauern und endet mit einer Melodie.
9. Trennen Sie das Link–Kabel vom PC und vom LabPro/CBL 2™



Frage: Warum sollte man ein Update machen?

Antwort: Um sicher zu stellen, dass Ihr Gerät auch mit den neuesten Sensoren verwendet werden kann. Updates dienen dazu, die Funktionsweise der Geräte zu optimieren.

Das betrifft sowohl die Datenlogger als auch Ihren TI-Rechner. Im Januar 2006 heißt die aktuelle Version des Operating System für TI-89 Titanium und Voyage™ 200: „3.10“ Sie erhalten das Update über education.ti.com/ oder durch Drücken der Schaltfläche Update im Programm „TI Connect™“.

8. Systemstatus des LabPro

Wir fragen das LabPro, wie es ihm geht. Es wird uns in Form einer Liste voller Zahlenwerte antworten.

Hier werden wenige interessante Kommandos zur Abfrage / Beeinflussung des LabPro/CBL 2™ genannt.

Voraussetzung für die Kommunikation der Geräte ist die Verbindung mittels Link-Kabel. (siehe Abb.) Geben Sie im Home-Modus Ihres Voyage™ 200 oder

TI-89/TI-89 Titanium folgende Befehle nacheinander oder als Befehlskette (mit Doppelpunkt zwischen den Befehlen) ein:



Deutsch	Englisch	Interpretation
Sende{7}	Send{7}	Befehl zur Statusabfrage
Hole 16	Get 16	Speichern des Abfrageergebnisses in Liste L6
16	16	Anzeigen der Liste L6

Als Ergebnis der Prozedur wird Ihnen die Liste mit dem Namen L6 im Display des TI-Rechners angezeigt. Wählen Sie diese aus und scrollen Sie nach rechts, um alle Einträge sehen zu können.

Alternativ können Sie auch ein kleines Programm im „PROGRAMM-EDITOR“ Ihres TI-Rechners schreiben. Nennen Sie es „lpstatus()“. Das Programm können Sie einfach mit „lpstatus()“ aus dem [HOME]-Modus aufrufen und mit jedem Tastendruck erhalten Sie das nächste Listenelement. Vergleichen Sie dann die Werte mit der nachfolgenden Liste der Rückgabewerte! Am Ende des Programms gelangen Sie mit [F5] zurück zum Hauptmenü. Das Listing erhalten Sie gleich im Anschluss. Eine andere Möglichkeit ist das Schreiben eines Scripts auf dem TI-Rechner mit dem „TEXT-EDITOR“

Deutsches Sprachmodul	Englisches Sprachmodul
:Prgm	:Prgm
:NeuAufg	:NewProbe
:Sende {0}	:Send {0}
:Sende {7}	:Send {7}
:Hole L8	:Get L8
:L8	:L8
:Dim(L8) →k	:dim(L8) →k
:For n,1,k	:For n,1,k
:Pause L8 [n]	:Pause L8 [n]
:EndFor	:EndFor
:EndPrgm	:EndPrgm

Liste der Rückgabewerte für Kommando 7 (send{7})

Register	Beschreibung
software ID	gibt die Softwareversion des OS im LabPro an
error	Wenn keine Null steht, sollten Sie einen Reset (5 Sekunden Start drücken) durchführen. → Tabelle Fehlercodes
battery	gibt den Batteriestatus an. 0~gut 1~geht noch 2~schlecht
8888	konstanter Wert, der die Korrektheit der empfangenen Liste beschreibt
Sample Time	die bei der letzten Sample-Reihe definierte „time between samples“
trigger condition	Triggereinstellung der letzten Messreihe
channel function	Triggerfunktion der letzten Messreihe
channel post	zuletzt verwendeter Messreihenkanal
channel filter	zuletzt verwendeter Filter
num samples	Anzahl der Messungen der letzten Messreihe. Wurde die Messung vorzeitig beendet (STO>), dann erscheint die aktuelle Anzahl von Messwerten
record time	0~es wurde nichts gemessen 1~absolute Messdauer der letzten Messreihe 2~relative Messdauer der letzten Messreihe

temperature	Wenn ein Sonic-Sensor verwendet wurde ist das der Wert für die Temperatur-Korrektur.
piezo flag	Einstellung des Lautsprechers 0~Sound ist off 1~sound ist on
system status	kennzeichnet den aktuellen Systemstatus 1~Leerlauf 2~bereit, vorbereitet 3~in Arbeit, beschäftigt 4~fertig 5~Selbsttest 99~Initialisierung, Einlesen des Codes 16~letzter Modus war Quick Setup 32~letzte Messreihe wurde nicht ordnungsgemäß übertragen
datastart	erster Punkt der gültigen Daten
dataend	letzter Punkt der gültigen Daten
System ID	der zuletzt gesetzte Wert von Kommando 6

9. Steuerung des LabPro

Verwendung von Kommando 6

Das Kommando 6 wird verwendet, um den Sound des LabPro an- und auszuschalten, eine ID-Nummer für das Gerät zu vergeben oder einen Filter für die Datenaufnahme zu definieren.

Letzteres brauchen Sie eigentlich nie selbst zu tun, es sei denn, Sie verwenden das LabPro an einem selbst geschriebenen Computerprogramm für Messwerterfassung.

Parameterliste:

syssetup	Beschreibung
0	Abbruch der Messung
1	undefiniert
2	Abbruch der Messung
3	Sound ausschalten
4	Sound einschalten
5	Setzen einer ID-Nummer für das Gerät
6	wählt einen Filter, der auf die Messdaten angewendet werden soll

Syntax: {6, syssetup[, parameter]}

Beispiel: Der Sound des LabPro wird ausgeschaltet.

<i>Eingabe am Voyage™ 200, TI-89/TI-89 Titanium:</i> :Sende { 6 , 3 }	<i>Eingabe am TI-83 Plus:</i> :Send ({ 6 , 3 })
--	--

Verwendung von Kommando 0

Mit dem Kommando Null können Sie das LabPro Reset setzen. Es werden alle gespeicherten Daten, der Fehlerspeicher, der Kanal-Setup und die Datenaufnahme-Informationen gelöscht.

Der *Flash- Speicher* wird **nicht** gelöscht!

Syntax: { 0 }

Beispiel: Zurücksetzen des LabPro

<i>Eingabe am Voyage™ 200, TI-89 Titanium:</i> :Sende { 0 }	<i>Eingabe am TI- 83 Plus:</i> :Send ({ 0 })	<i>Alternative:</i> Drücken Sie etwa 5 Sekunden lang die Start/Stopp Taste
--	---	---

10. Remote-Modus des LabPro

Mit der 3 bekommt man alles!

Das Kommando 3 ist eines der wichtigsten, wenn Sie das LabPro als Einzelgerät im Remote-Modus betreiben wollen. Selbstverständlich können Sie die Remote – Vorgaben auch mit DataMate programmieren. Wenn Sie jedoch genau wissen, wie Ihre Messreihe aussehen soll, dann empfiehlt sich die ultraschnelle Programmierung des Datensammlers aus dem HOME-Modus Ihres TI-Rechners.

Nachfolgend ist die Syntax für den Voyage™ 200 bzw. TI-89 Titanium angegeben. Bei Verwendung eines anderen Rechners informieren Sie sich bitte über abweichende Syntax im Begleithandbuch des TI-Rechners.

Hier wird nur auf ausgewählte Variablen bei der Befehlsverwendung eingegangen.

Syntax:

```
{3, samptime[, numpoints, trigtype, trigchan, trigthresh,  
pre-store, extclock, rectime, filter[, fastmode]]}
```

Beispiel:

Deutsch	Englisch	Interpretation
Sende{3,0.1,200}	Send{3,0.1,200}	Versetzt das LabPro in den Remote-Modus. Mit Start der Messung werden pro verwendeten Kanal 200 Werte im Abstand von 0,1s aufgenommen.

samptime: setzt die Zeit zwischen den Samples in Sekunden. Der voreingestellte Wert ist 0,5s. Gültige Werte sind 0.00002 bis 16000.
Wenn Sie -1 setzen, wird die letzte Samplingrate wiederholt. (Einmal gesetzt bleibt die Einstellung im LabPro bis zur nächsten Änderung gespeichert.)

numpoints: beschreibt die Anzahl der Datenpunkte pro Kanal, die aufgenommen werden sollen.
Gültige Werte sind ganze Zahlen von 1 bis 12287.
Null ist ungültig.
-1 versetzt das LabPro in den Real-Time-Modus.

trigtype: beschreibt das Ereignis, welches die Messung auslöst. → trigchan
Nach Start / Stopp wartet das LabPro dann auf dieses Ereignis.
Nachfolgend ein Listing der für trigtype gültigen Werte.

Wert	Ereignis / Typ
0	sofortiger Beginn der Messung (real-time-modus)
1	manuell (am Start/Stop-Knopf) → Voreinstellung
2	steigende Schwelle/steigende Schwelle
3	fallende Schwelle/fallende Schwelle
4	steigende Schwelle/fallende Schwelle
5	fallende Schwelle/steigende Schwelle
6	Einzelpunkt-Messung

trigchan: gibt an, welcher Kanal für den Triggerwert zuständig ist. Gültige Werte:
0 für „kein Triggering“
1 für „Hardware-Triggering“ am analogen Eingang CH1
2, 3 oder 4 für Software-Triggering an den analogen Eingängen CH2,
3, 4
11 oder 12 für Dig/Sonic 1 oder 2

- trigthresh: Triggerschwelle. Geben Sie den Wert der Triggerschwelle ohne Maßeinheit als reelle Zahl an.
- pre-store: beschreibt, wie viele Daten (als Prozentwert der Anzahl aller aufzunehmenden Messpunkte) vor der Triggerschwelle gespeichert werden sollen.
Bsp: Der Wert 10 bei insgesamt 2000 Messpunkten (Summe aller numpoints) bewirkt, dass bereits 200 Messpunkte vor der Triggerschwelle und dem eigentlichen Messbeginn mit gespeichert werden.
- extclock: Angabe zur Fehleranalyse im Herstellerwerk. Wird IMMER **0** gesetzt.
- rectime: beschreibt, wie die Zeit bei der Aufnahme eines einzelnen Datenpunktes aufgenommen wird
0 ~ keine Aufnahme der Zeit
1 ~ mit Zeitstempeln ab Beginn der Messung
2 ~ mit Zeitstempeln der Intervalllänge zum unmittelbar vorhergehenden Sample
- filter: beschreibt, welcher Filter für die entsprechende Sonde verwendet werden soll. Nähere Angaben entnehmen Sie bitte dem technischen Handbuch.
- fastmode: 0 ~ Fastmode ist off.
1 ~ Fastmode ist on.
Im Fastmode kann nur ein analoger Kanal (CH1-4) aktiv sein. Es kann eine Samplingrate bis $20^{\mu\text{s}}/\text{sample}$ eingestellt werden. Dies ist gedacht für die Aufnahme einer Größe mit $50000^{\text{samples}/\text{sec}}$ bis $5000^{\text{samples}/\text{sec}}$.

11. Experiment: Beschleunigungsmessung

Der Remote-Modus und etwas Tückenlehre

Sie sollen eine Beschleunigung im Remote-Modus mit der 3d-BTA messen. Ihre Messung soll 20s lang dauern und in Schritten von 0,1s erfolgen. Nach der Aufnahme der Werte sollen die Daten in DataMate verwendet werden.

1. Starten Sie den TI-Rechner und wechseln Sie in den HOME-Modus.
2. Verbinden Sie die Sonde(n) mit dem LabPro. (Abb.1)
3. Verbinden Sie das LabPro mit dem TI-Rechner über das Link-Kabel. (Abb.2)
4. Geben Sie ein:

sende {0}

Damit setzen Sie das LabPro zurück (Reset). Der Flash-Speicher wird dadurch NICHT beeinflusst.

5. Drücken Sie am LabPro die Taste „Quick Setup“
Es werden Töne hörbar, die auf die Erkennung der Auto-ID-Sonden hinweisen.
6. Geben Sie ein:

sende {3,0.1,200}

Der Wert 200 sind die numpoints pro Kanal, berechnet aus $20s/0,1s$.

7. Das LabPro ist jetzt vorbereitet, die gelbe bzw. die gelbe und die grüne LED leuchten auf.
8. Beginnen Sie Ihre Messung durch Drücken des Start/Stopp-Knopfes am LabPro.
9. Die Messreihe endet automatisch nach der vordefinierten Zeit. Dann hört die grüne LED auf zu blinken (leuchten).
10. Verbinden Sie das LabPro mit dem TI-Rechner, falls Sie das Kabel getrennt hatten. Starten Sie DataMate.

Das Programm erkennt den Speicherinhalt des LabPro und sagt, dass Sie

- die Option TOOLS und dann
- RETRIEVE DATA auswählen sollen.

11. Bestätigen Sie die Meldung mit **[ENTER]**.

12. Drücken Sie **[5]** für „Tools“ und dann **[2]** für „Retrieve Data“.



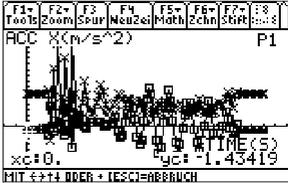
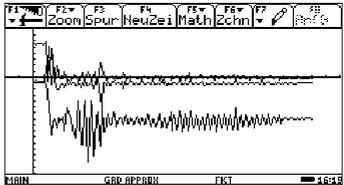
Abb.1



Abb.2



Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten:

Möglichkeit A	Möglichkeit B
<p>Sie sehen:</p> 	<p>Sie sehen:</p> 
<p>Ihre Bemühungen enden in einer Fehlermeldung, alle Daten sind weg.</p>	<p>Ihre Bemühungen enden mit einem Diagramm, welches ausgezeichneten Mulm darstellt.</p>
<p>Ursache: Das Programm DataMate kannte die Einstellungen des benötigten Diagramms nicht. Mit den Vorgabewerten sind die Daten nicht darstellbar, DataMate hat „anderes“ erwartet.</p>	<p>Ursache: Jeder Plot (also jede einzelne Linie) wird anders dargestellt. Die Messpunkte werden bei CH1 als Punkt, bei CH2 als Quadrat, bei CH3 als Kreuz und bei CH4 als Plus dargestellt.</p>
<p>Abhilfe: Beenden Sie DataMate und beginnen Sie von vorn. Mit der fehlerhaften Messung hat DataMate die Graphikeinstellungen meist kapiert. Wenn das nicht hilft, programmieren Sie das LabPro, machen den Versuch und senden die Daten per TRANSFER-Button in den TI-Rechner. Entscheidend für die Verarbeitung der Daten ist einzig die Datei „cbldata“. Diese können Sie mit dem Data/ Matrix-Editor öffnen und den Plot einstellen. Dieses Verfahren wurde im Versuch „Lichtstärke einer Glühlampe“ beschrieben.</p>	<p>Abhilfe: Beenden Sie DataMate und starten Sie mit [APPS] den y-Editor. Versehen Sie Plot 1, 2 und 3 durch Drücken von [F4] mit einem Häkchen. Wählen Sie Plot 2 und drücken Sie [ENTER]. Wählen Sie als Zeichen den Eintrag 5:Punkt aus. Nach doppeltem [ENTER] hat sich das Bild geändert:</p> 

Sie erkennen unschwer, dass dieser Weg der direkten Kommunikation der Geräte äußerst „unbürokratisch“ und bestimmt auch leicht zu programmieren ist. Ein Programmbeispiel datbipps() finden Sie im folgenden Kapitel „Datenspeicher“.

Noch viel mehr Kommandos und die zugehörigen Parameterinformationen können Sie bei Bedarf im Technischen Handbuch des LabPro nachlesen (englisch). Die Verwendung der Kommandosprache ist im Normalfall, also wenn Sie das LabPro/CBL 2TM mit einer Ansteuerungssoftware (LoggerPro, DataMate) nicht nötig! Sie werden aber evt. in Kombination mit etwas Programmierkenntnissen schnell

Möglichkeiten finden, Messwerte bzw. Kurven direkt, also ohne DataMate, auf Ihrem TI-Rechner bzw. Computer anzeigen zu lassen. Somit ergeben sich auch Möglichkeiten zur Steuerung von externen Geräten!

12. Datenspeicher des LabPro

Volle Eimer laufen über

Meine ersten Versuche, das LabPro zu verstehen, endeten mit einem Memory-Error: Batterien rein, DataMate auf den TI-Rechner eingespielt und gestartet, Kabel gesteckt, Sonde dazu, beim Daten sammeln Trial-and-Error-Methode verwendet.

Ursache: Die Speicherfähigkeit des LabPro ist auf 128kB begrenzt. Specifications können Sie im Begleitheft nicht nachlesen, dafür benötigen Sie das 90-seitige Technische Handbuch in englischer Sprache. Schöne Lektüre für schlaflose Nächte. ABER:

Sie brauchen das Handbuch nicht! Sie finden das notwendige Grundwissen selbst heraus:

- 1) Mit einem Amperemeter können Sie die Stromaufnahme (ohne Sensor; Ruhestrom) messen:
 - im Setup, also beim Self-Test sind das satte 230mA!
 - nach Beenden des Self-Testes beträgt die Stromaufnahme immer noch **0,2mA**, auch im Standby! Aus diesem Grund sind die teuersten Batterien genau dann leer, wenn sie gebraucht werden.
Daher sollten Sie bei Nichtbenutzen des Gerätes prinzipiell EINE Batterie entfernen.
 - Mit jeder angeschlossenen Sonde erhöht sich die Stromaufnahme, jede Sonde hat ihre Spezifikation. Lesen Sie deshalb auch im Begleitblatt oder Begleitheft zur Sonde die Stromaufnahme nach, sofern sie dort vermerkt ist.

Im Unterrichtsalltag werden Sie kaum in Situationen gelangen, in denen Sie sich über den Strombedarf des Messcomputers Gedanken machen müssten. Da können Sie im Notfall immer das zugehörige Netzteil verwenden. Manchmal verleitet das Gerät aber zu Outdoor-Versuchen. Ob im Auto, auf dem Motorrad, zu Hause oder auf dem Rummelplatz – es finden sich ständig irgendwelche Zusammenhänge, die ein junger oder auch älterer Naturforscher gern aufnehmen möchte. Wir reden ja hier von Versuchen. Und das heißt, dass wir so manches einfach mal versuchen. Da ist es dann schon nicht schlecht, wenn man die Energieressourcen einschätzen kann.

Ähnlich verhält es sich mit der Speicherkapazität des LabPro. Eine Zahlenangabe, die bei geschlossenem TI-Rechner völlig unbedeutend ist, weil

in diesem Fall die Wertetabellen vom TI-Rechner aufgenommen werden. Wird das LabPro aber eigenständig betrieben (Start/Stop), dann nimmt das Gerät die Wertetabellen auf – und hier geht es bedeutend enger zu als in einer Straßenbahn.

Die Speicherkapazität in MB ist nur eine Zahl. Deutlicher ist eine Angabe darüber, wie viele Werte das Gerät ganz konkret speichern kann. Dies braucht man nur dann zu wissen, wenn man das LabPro ohne angeschlossenen TI-Rechner verwenden will. Beim Fallschirmspringen noch einen Laptop mitzuschleppen wäre z.B. etwas vermessen. Also wird das LabPro am Laptop oder am TI-Rechner eingestellt (Collection Settings), anschließend das Kabel getrennt und die Messung mit dem Start/Stop–Knopf gestartet. Nach Beenden der Messreihe wird die Kabelverbindung wieder hergestellt und der Computer bzw. der TI-Rechner liest die Messwerttabellen aus dem Gerät aus (siehe Beschleunigungsmessung).

Setzen wir den TimeGraph auf 900 Sekunden mit 0,01s Samplingrate, dann müsste bei vier angeschlossenen Sonden eine Datenflut von $\frac{900}{0,01} \cdot 4 = 360000$ Messwerten gespeichert werden. Zukünftige Versionen des LabPro schaffen das bestimmt locker. Programmieren Sie das LabPro am TI-Rechner, dann kontrolliert DataMate eigentlich nur die Angabe der „number of samples“ (erlaubt sind hier maximal 998), rechnet aber sonst nicht die wahren Gegebenheiten nach. Das Programm ersetzt eben keinen Menschen und keinen Computer. LoggerPro hingegen wird nachrechnen, ob das LabPro die gewünschte Datenmenge verkraftet und meldet sich evt. mit folgendem Hinweis:



Das bedeutet, dass der Versuch, 60004 Messpunkte aufzunehmen scheitern wird, weil das LabPro im Modus der eigenständigen Datenaufnahme höchstens 12287 Datensätze speichern kann. Wir sollten also die Datenrate und die Experimentierlänge entsprechend anpassen. Das ist dann eine kleine Rechenübung, die Sie von den Schülern abverlangen können. Diese werden begeistert sein...

- 2) Das Grundwissen über die 12287 Datensätze verleiht uns die Möglichkeit zur Kreativität an einem eigenen Programm, das in den TI–Rechner geschrieben wird.

Mit diesem Programm weisen wir das LabPro an, über eine bestimmte Dauer t Messwerte von den n angeschlossenen Sonden im Intervall d aufzunehmen. Die gesammelten Daten werden im LabPro gespeichert und stehen nach Anschluss

des TI-Rechners zum Abrufen bereit.

Die Notwendigkeit, ein eigenes Programm zu schreiben, wird im letzten Abschnitt „Freifall des LabPro“ begründet.

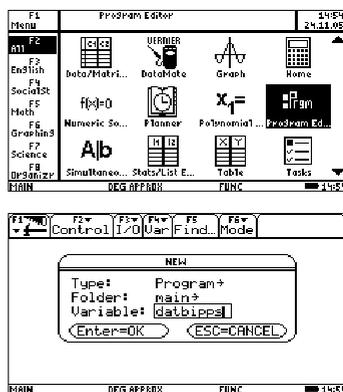
Das Programm eignet sich zunächst nur zum Zwecke der Messwerteaufnahme im Remote-Modus bei einer Versuchslänge im überschaubaren Sekundenbereich. Es kontrolliert auch anhand Ihrer Angaben die maximale Versuchsdauer. Sie können das Programm einfach umschreiben oder erweitern, wenn die Daten im Minuten- oder Stundentakt aufgenommen werden sollen. Die deutschsprachige Fassung erhalten Sie, wenn Sie den TI-Rechner im englischsprachigen Modus betreiben, das Programm eingeben und dann in den deutschsprachigen Modus umstellen.

Es gibt keinen Grund, das Programm „datbipps()“ zu nennen, aber es würde mich freuen.

13. Datensammeln

Schreiben eines Programms auf dem Voyage™ 200/TI-89 Titanium

- Öffnen Sie nach Betätigen der Schaltfläche **[APPS]** den Programm-Editor
- Wählen Sie **3:Neu...** bzw. **3:New...**
- Type: Program; Folder: main (egal);
Variable: datbipps (egal)
- Drücken Sie **[ENTER]**
- Geben Sie jetzt in den Programmblock zwischen **Prgm** und **EndPrgm** die folgenden Zeilen ein, wenn Sie Ihren TI-Rechner in englischer Sprache betreiben. Einzelne Befehle tippen Sie entweder direkt ein oder suchen Sie im **[CATALOG]** und drücken dann **[ENTER]**.



```

NewProb
ClrIO
ClrDraw
Disp "Remote - Programmierung"
Disp "des LabPro!"
Disp ""
Disp "1. Rechner mit dem LabPro"
Disp "verbinden."
Disp "2. Enter drücken."
Pause
ClrIO
Text "Fertig zum Reset?"
Send {0}
ClrIO
Send {1999,1000,148}
Text "Jetzt Quick-Setup drücken."
Disp "Messintervall in Sek.?"
Input d
Disp "Anzahl der Kanäle?"
Input n
ClrIO
int(12280/n)→dat
dat*d→k
int(k)→kint
String(kint)→sk
Disp "Gesamte Messdauer in Sekunden?"
Disp "Maximal "&sk&" möglich."
Input t
int(t/d)→numpt
If numpt>dat Then
Disp "Das war zu viel. Ich nehme"
Disp "den Maximalwert. "&sk
Pause
dat→numpt
EndIf
Send {3,d,numpt}
ClrIO
Disp "Kabel trennen."
Disp "Start/Stopp drücken."
Disp "Mit x das Programm beenden."
Disp "Oder Neueinstellungen vornehmen."
Loop
  getKey()→key
  While key=0
    getKey()→key
  EndWhile
  If key=Ord("x") Then
ClrIO
DelVar d,n,k,t,dat,sk,numpt,kint,key
Disp "Vielen Dank für Ihr"
Disp "Interesse."

```



(← Setup des LabPro.)

(← Hier steht die magische 12280!)

(← Schutz vor Überlauf)

(← Übergeben der Daten an das LabPro.)

(← Löschen alter Variablen.)

```

Disp "Ich hoffe, dass ich Ihnen"
Disp "helfen konnte."
Disp ""
Disp "Bitte F5 drücken."
  Stop
  Else
  datbipps()
EndIf
EndLoop

```

So verwenden Sie das Programm:

1. LabPro mit Batterien versehen, gewünschte Sensoren anstecken.
2. LabPro mit dem TI-Rechner verbinden (Link-Kabel).
3. Programm im Home-Modus starten.
4. Den Anweisungen auf dem Bildschirm folgen.



Die dritte Zeile von unten setzt voraus, dass Sie das Programm „datbipps“ genannt und im Verzeichnis „main“ gespeichert haben. Sonst steht hier Pfad/Dateiname(). Nach Durchlaufen des Programms werden die gelbe und die grüne LED am LabPro aufleuchten und somit signalisieren, dass das Gerät seine nachfolgenden Aufgaben kennt. Sie starten Die Messreihe mit der Start/Stopp-Taste. Jede Messwertaufnahme wird mit einem Aufleuchten der grünen LED signalisiert. Die Messung endet automatisch.

Hinweis: Mit Ihrem TI-Rechner haben Sie auch einen intelligenten Translator erworben. Wenn Sie nämlich über **MODE** → **F3** → **Sprache/Language** die Spracheinstellung ändern, dann wird Ihr Programm von den verwendeten Befehlen her automatisch in die gewünschte Sprache übersetzt und ist dann in dieser Sprache auch nutzbar! Voraussetzung für diese automatische Anpassung ist, dass Sie die Programmdatei nicht gesperrt haben.

14. Akustische Signale des LabPro

Bestimmt haben Sie beim ersten Einlegen der Batterien in das LabPro wie auf einem Rummelplatz gefühlt: Getüdel und Geblinke, was das Zeug hält. Doch das muss so sein, denn beim Einschalten des Gerätes durchläuft dieses einen Selbsttest. Hier soll auf die „Beep Sequences“, die Tonfolgen des LabPro, eingegangen werden.

Das LabPro kann über den eingebauten Lautsprecher eine Reihe von Tönen von sich geben:

- „Schlecht“ bzw. „**Fehler**“
zwei hohe Töne (*TüTü*)
- „Warnung“ bzw. „**Hinweis**“
zwei mittlere Töne (*ToTo*)
- „Gut“ bzw. „**in Ordnung**“
tiefer Ton, dann ein hoher Ton (*TuTü*)
- „Klick“ bzw. „**Tastendruck**“
ein kurzer tiefer Ton (*Tutt*)

1. Wenn das LabPro den Selbsttest durchlaufen hat, dann wird folgende Tonfolge ausgegeben:

Schlecht → Warnung → Gut; (*TüTü — ToTo — TuTü*)

Dazu werden die LED's in der Reihenfolge **ROT** — **GELB** — **GRÜN** aufleuchten.

2. Wenn Sie den „Quick Setup“ Knopf drücken
 - wird ein Hinweis-Ton ausgegeben, sofern alles in Ordnung ist bzw. ein Auto-ID-Sensor angeschlossen wurde, der funktionstüchtig ist.
 - wird ein Fehler-Ton ausgegeben, wenn kein Sensor angeschlossen ist oder der Sensor nicht erkannt worden ist. Versuchen Sie in diesem Fall durch Abziehen und neuem Anstecken das Problem zu beheben. Um die Fehlerquelle zu finden, benutzen Sie einfach eine andere Sonde am gleichen Kanal oder/und das Entfernen und Wiedereinsetzen einer Batterie. Wenn immer noch „Fehler“ angezeigt wird, dann scheint das LabPro defekt zu sein. (Diesen Fall konnte ich bisher noch nicht simulieren.)
3. Wenn das Gerät an einen TI-Rechner angeschlossen ist, hören Sie einen Hinweis-Ton, wenn
 - das Gerät mit einer Messung oder einer Messreihe beginnt oder

- das Gerät die Messreihe nach den vorgegebenen Kriterien beendet hat.
4. Wenn Sie die manuelle Start/Stop–Steuerung (manual triggering) eingestellt haben, ertönt ein Hinweis–Ton, wenn Sie den START–Knopf drücken.
 5. Wenn Sie den „Transfer“–Knopf drücken
 - wird ein Gut–Ton ausgegeben, wenn die Datenübertragung fehlerfrei beendet wurde
 - wird ein Schlecht–Ton ausgegeben, wenn sich irgendein Fehler eingeschlichen hat und Ihre Messreihe für umsonst war.
Dieses Erlebnis wird Ihnen häufiger Freude bereiten... Verzagen Sie nicht!
 6. Wenn es zu einem Datenüberlauf kommt, werden FÜNF hohe Töne ausgegeben.
 7. Wenn mit Beginn der Datenübertragung vom LabPro nach einem (Remote–Versuch) an einen TI-Rechner VIER hohe Töne ausgegeben werden, dann kann der lesende TI-Rechner die Daten nicht richtig interpretieren. In den meisten Fällen können Sie dann die Messreihe in den Papierkorb überführen. Darum mein Rat:
Remote-Modus nur wenn es unbedingt sein muss.
 8. Wenn ein vollständiger Selbsttest gestartet wird, hören Sie DREI Gut-Töne.
 - Am Ende des Testes hören Sie einen Gut- oder einen Schlecht–Ton, je nach Erfolg.
 9. Wenn Sie das LabPro mit Spannung versorgen und Sie hören...
 - zwei Schlecht–Töne, dann wurde das Betriebssystem nicht geladen
 - drei Schlecht–Töne, dann wurde der Selbsttest nicht bestanden
Sie sollten in diesen Fällen die Batterien und alle Steckverbindungen entfernen und nach kurzer Zeit die (frischen!) Batterien wieder einlegen. Wenn auch jetzt der Erfolg ausbleibt, wenden Sie sich an Ihren Händler.
 10. Wenn das LabPro bzw. sein Base-Code einen Fehler im von außen gesendeten Kommando registriert, werden vier hohe Töne (**TüTüTüTü ~ Schlecht-Schlecht**) ausgegeben.
 11. So führen Sie ein **RESET** des LabPro durch:
Drücken und halten Sie den Startknopf für 5+ Sekunden. Es macht „Tutt“ und es leuchten alle drei LED's gleichzeitig für etwa 1s auf. Reset bestanden.

15. Experiment: Lieder komponieren

Das Beispiel soll zeigen, dass Ihr LabPro mehr kann, als einfach nur Messwerte zu erfassen. Ein elektronisches Rechengerät mit eingebautem Lautsprecher ist in den meisten Fällen in der Lage, eine programmierte Tonfolge abzuspielen. Diesen Sachverhalt ausnutzend programmieren wir mit dem Voyage™ 200 einen speziellen Sound. Natürlich funktioniert das auch mit jedem anderen kompatiblen TI-Rechner, jedoch wird die Syntax von der hier verwendeten abweichen können.

1. Öffnen Sie am TI-Rechner den Programmeditor.
2. Vergeben Sie einen passenden Namen (im Verzeichnis >>main<<), hier:
>>xmas<<
3. Schreiben Sie die Befehle ab der dargestellten Zeile 3 ab.
4. Verbinden Sie das LabPro mit dem TI-Rechner.
5. Wechseln Sie in den HOME-Modus und starten Sie das Programm xmas()
„We wish you a marry christmas...“

```
:xmas ()
:Prgm
:1500→k
:{2k,2k,k,k,k,k,2k,2k,2k,2k,
 k,k,k,k,2k,2k,2k,2k,k,k,k,k,
 2k,2k,k,k,2k,2k,2k,2k}→l1
:{182,136,136,121,136,144,162,162,162,
 121,121,108,121,136,144,182,182,108,
 108,102,108,121,136,162,182,182,162,
 121,144,136}→l2
:For n,1,30,1
:Sende {1999,11[n],12[n]}
:EndFor
:EndPrgm
```

k=0,15sec
Länge der 30 Töne in der
Liste l1 speichern
Eingabe der 30 Notenwerte...
in die Liste l2
Schleifenfolge
Sendebefehl

Interpretation des Befehls „Sende“

Das Programm ist für einen Voyage™ 200 formuliert, der mit deutschem Sprachmodul betrieben wird. Wenn Sie den TI-Rechner in englischer Sprache verwenden, dann heißt der Befehl „Send“, ansonsten bleibt der Rest identisch. Man sendet generell eine Liste an ein Gerät. Listen bestehen aus Werten, jeder Wert hat eine Nummer. Einen Listenwert ruft man auf mit (Liste)[Nummer].

Beispiel: 12 [4] = 121

Starten des Programms: Verbinden Sie das LabPro/CBL 2™ über das Link-Kabel mit dem TI-Rechner und geben Sie im Home-Modus ein: xmas()

Die an das LabPro zu sendende Liste führt in jedem Fall als erstes den Kommando – Code, gefolgt von typischen Werten. Die Zahl 1999 ist das *Sound – Kommando*.

Nach dem ersten Komma steht die Tonlänge und nach dem zweiten Komma die Tonhöhe. Das ist schon alles.

Sie können einen Piep oder eine Tonfolge auch aus dem Home-Modus heraus erzeugen:

Beispiel 1: `Sende {1999,1000,50}`

Beispiel 2: `For n,250,20,-1:Sende{1999,100,n}:EndFor`

Die Kontrolle und Steuerung des LabPro mit dem TI-Rechner wird sicher auch Ihre Schüler faszinieren. Pfiffigen Informatikern wird jetzt eine Idee nach der anderen kommen.

Wenn Sie zum Beispiel zusätzlich noch ein Blinklichtkonzert programmieren wollen, dann brauchen Sie das

LED – Kommando (1998):

`Sende {1998,LED-Nummer,Wert}`

Wert: 1~on 0~off

LED	rot	gelb	grün
Nummer	1	2	3

Mit `Sende {1998,2,1}` schalten Sie die gelbe LED ein. Sie geht jetzt von alleine nicht mehr aus! Drücken Sie den QuickSetup-Knopf oder schalten Sie mit `Sende {1998,2,0}` die Lampe wieder aus.

Tip: Lassen Sie Schüler ein Geburtstagslied mit Blinklicht programmieren!

Weitere Informationen zu den Befehlskommandos finden Sie im Technischen Handbuch zum LabPro, das auf www.vernier.com zum Download angeboten wird (415kB PDF).

Ein Lied für Tierfreunde

1. Starten Sie wie weiter oben angegeben den Programmierer.
2. Nennen Sie die Datei `>>katze<<`.
3. Wählen Sie als Verzeichnis `>>main<<`.
4. Geben Sie die nachfolgenden Zeilen in das im Display vorgefertigte Programmgerüst ein.

```
:1000→k  
:166→a  
:142→b  
:124→c  
:112→e  
:186→g  
:148→h
```

```

: {k, k, k, k, 3k, k, k, k, k, k, 3k, k, 3
  k, 2k, k, k, k, k, 3k, k, k, k, k, k, 3k, k, k, k, k, k, k, k, 3k} →
  l1
: {h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, b, 0, a, 0, a, 0, e, 0, c, 0, h, 0, g, 0
  , h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, h, 0, c, 0, c, 0, b, 0, a, 0, g} → l2
: For n, 1, 47, 1
: Sende{1999, l1 [n], l2 [n]}
: EndFor
: EntfVar a, b, c, e, h, g, k

```

5. Wechseln Sie in den HOME-Modus
6. Verbinden Sie das LabPro mit Ihrem TI-Rechner über das Link-Kabel.
7. Geben Sie ein: `katze()`
8. Drücken Sie ENTER.

Die Listen l1 und l2 werden aus 47 Elementen bestehen. Liste 1 gibt den Rhythmus, Liste 2 die Töne. Bestimmt haben Sie das schon mal gehört...

Wie? Bei Ihnen funktioniert das nicht? Dann kontrollieren Sie noch mal die Schreibweise (Leerzeichen? Kommata? Semikolons? Sprache?)

16.Fehleranalyse: Codes des LabPro/CBL 2™

Wenn Sie die Vermutung haben, dass ein Gerätefehler vorliegt, weil so merkwürdige Piep-Töne ausgesendet werden oder die LED's blinken, können Sie mit angeschlossenem TI-Rechner sehr schnell eine Fehleranalyse durchführen. Im Normalfall werden Sie DataMate zur Programmierung des LabPro einsetzen. Diese Programme werden in den seltensten Fällen zu Gerätefehlern führen, da Ihre Angaben bereits im Programm geprüft werden. Die Informatiker unter Ihnen werden aber schnell das direkte Ansprechen des LabPro durch Kommandos für sich entdecken, weil auf diesem Weg ein spezifischer Informationsaustausch zwischen LabPro und angeschlossenem Gerät möglich ist und Sie eigentlich zu Ihren Versuchen zugeschnittene Messprogramme erzeugen können. Dazu muss man sich etwas Zeit nehmen und das Technical Manual nach der typischen Kommandosprache und deren Handhabung durchforsten. Beim Schreiben eigener Programme oder beim direkten Eingeben von Befehlen kann es dann aber durchaus zu (reversiblen) Missverständnissen zwischen Mensch und Maschine kommen...

Abrufen des Status

Deutsch	Englisch	Interpretation
Sende{7}	Send{7}	Befehl zur Statusabfrage
Hole 16	Get 16	Speichern des Abfrageergebnisses in Liste L6
16	16	Anzeigen der Liste L6

Wenn die zweite Zahl in der angezeigten Liste keine Null ist, liegt ein Fehler vor. Verwenden Sie die unten stehende Tabelle, um den Fehler zu analysieren. Führen Sie einen Reset aus und wiederholen Sie den Versuch.

Reset des LabPro

Deutsch	Englisch	Interpretation
Sende{0}	Send{0}	Befehl zum Zurücksetzen des LabPro. Der Flash-Speicher wird dabei nicht gelöscht.

Liste der Fehlernummern

Fehlercode	Beschreibung / Grund
0	Es liegt kein Fehler vor.
1	Ungültiger FAST-Modus: Im FAST-Modus kann nur eine analoge Sonde an einem der Kanäle CH1, 2, 3 oder 4 betrieben werden.
2	FAST-Modus-Abbruch: Während dieses Modus wurde durch den angeschlossenen TI-Rechner ein Kommunikationsaufbau versucht, während das LabPro auf ein Triggersignal gewartet hat. Das führte dann zum Abbruch der noch nicht abgeschlossenen Messung.
5	Die an das Gerät gesendete Liste enthält einen zu großen Wert bzw. ist fehlerhaft. Zu große Werte können bei zu großen Zeitvorgaben passieren, die den Speicher überfüllen würden.
6	Die an das Gerät gesendete Liste enthält nicht-ganze Zahlen, während für Befehlsvergaben (Kommandos) nur ganze Zahlen erlaubt sind.
8	Die an das Gerät gesendete Liste enthält zu viele Werte. So kann eine mit Null beginnende Liste keine weiteren Werte beinhalten, weil es keine weiteren Optionen gibt.
9	Die an das Gerät gesendete Kommandonummer ist ungültig, weil der gewählten Zahl kein Kommando zugeordnet ist.
12	Der zum Setup ausgewählte Kanal existiert nicht. Es sind nur die Kanalnummern 1, 2, 3, 11, 21, 31 erlaubt.
13	Die gewählte Operation ist für den gewählten Anschlusskanal nicht definiert. So kann man die Sonic/Digi – Anschlüsse 21 und 31 nicht

	für die TMP-BTA vorsehen.
14	Ungültiger Wert für Post-Prozess-Parameter. Gültig sind nur 0, 1, 2
16	Ungültiger Wert für einen on/off-Parameter. Gültig sind nur 0 und 1.
17	Ungültiger Wert für die gewünschte Frequenz/Periode der Messung. Während einer periodischen Messung kann keine Einzeleingabemessung an einem anderen Kanal vorgenommen werden.
18	An ein und demselben Anschluss Digi/Sonic wurde gleichzeitig digital und sonic-Input angewiesen. Es geht aber nur digital ODER sonic.
22	Kommando {2,...} enthält ungültige Daten.
30	Fehler bei der Wahl des Filter-Typs. Gültig sind nur: Nicht-Echtzeit-Messungen: Filter zwischen 0 und 6 Echtzeit-Messungen: Filter 0, 7, 8, 9
31	Kommando 3 wurde noch vor dem Channel-Setup gesendet.
32	Fehler in der Sampling-Rate. Sie darf nur zwischen 0 und 16000 sek. liegen, gerundet auf den nächsten 100µs – Wert bzw. 50µs – Wert im Fast-Mode.
33	Fehler in der Anzahl der Samples. Es muss im Nicht-Echtzeit-Modus eine ganze Zahl zwischen 1 und 12000 sein. Ausnahme: Im Echtzeitmodus (events with entry) ist die Zahl 0 erlaubt.
34	Der Trigger-Typ muss eine ganze Zahl zwischen 0 und 6 sein.
35	Der Triggerkanal muss ein Wert 1, 2, 3 oder 11 sein, je nach verwendetem Anschluss.
37	Der Speicherwert muss eine ganze Zahl zwischen 0% und 100% sein.
38	Der externe Uhr-Parameter kann nur die Werte 0 und 1 annehmen.
39	Der Aufnahmezeit-Parameter kann nur die Werte 0, 1 oder 2 annehmen.
40	Es wurden zu wenige Parameter für die gewünschte Einstellung angegeben.
42	Die Kanalnummer für die Gleichung muss eine 0 zum Reset der Gleichung sein oder 1, 2, oder 3 für die analogen Kanäle oder 11 für die Sonic-Kanäle.
43	Die Gleichungsnummer muss im Bereich zwischen 0.1 und 12 für die analogen Kanäle liegen. Für die Sonic-Kanäle 0 oder 13.
44	Die Ordnung der Gleichung muss zum Gleichungstyp passen.
45	Gleichungen wurden mit {1} eingeschaltet, aber nicht mit {4} an das Gerät gesendet oder abgerufen {2} bevor sie gesendet wurden.

49	Ungültige Angaben wurden für die Sonic-Temperatursonde gewählt. Gültig sind nur 0 bis 4.
52	Es wurde ein ungültiger Kanal gewählt. Gültig sind nur 1-3, 11, 21 und 31.
53	Auswahl einer ungültigen Datengruppe. Es sind nur Werte zwischen 0 und 5 gültig.
54	Der Startwert (beginning-of-data-selector) muss eine Null (Start) oder 1 sein. Es wurde ein Wert ausgewählt, der größer als die Anzahl der Messwerte ist.
55	Der Endwert (end-of-data-selector) muss eine Null oder 1 bis zur Endnummer der Messwerte sein.
59	Der Digital-Sensor konnte Kommandos nicht lesen oder geben.
61	Speicherüberlauf. Das Gerät hat 24kB Speicher und kann 12000 Werte speichern. Mehr geht leider nicht.
62	Es wurde versucht, Daten auszulesen, obwohl keine Daten aufgenommen worden sind.
63	Es wurde das Kommando {6} gesendet und ein ungültiger Zeitwert für die Sekunden angegeben.
76	Es wurde das Kommando {10} für einen Kanal gesendet, der keine Daten gespeichert hat.
77	Es wurde das Kommando {10} gesendet und ein nicht definierter Algorithmus ausgewählt.
78	Funktionsmodus „erweiterter Algorithmus“, aber falsch definierte Eingabeparameter.
80	Die Batteriespannung ist zu niedrig, um den Flash-Speicher zu schreiben.
81	Sehr schlecht! Das Schreiben des Flash-Speichers ist nicht gelungen, weil wahrscheinlich die Batteriespannung während des Schreibvorganges zu stark abgesunken ist oder während des Schreibens der AC9920-Adapter entfernt wurde. Wenn das Problem öfters vorkommt, kann das auf einen Hardware-Fehler hindeuten.
82	Es wurde versucht, auf den Flash-Speicher zuzugreifen, obwohl das Flash-Schreiben nicht eingeschaltet wurde.
83	Die Flash-Speicher-Adressen sind belegt und es wurde versucht, trotzdem Flash-Daten zu übermitteln.
84	Es wurde versucht, auf eine nicht existierende Adresse im Flash-Speicher zuzugreifen.
85	Zugriffsversuch auf eine Adresse im Flash-Speicher ohne Zugriffsrechte.
86	Der Datentyp der zu archivierenden Daten wird nicht unterstützt.
87	Es wurde versucht, Echtzeit-Daten zu archivieren. Nur Nicht-Echtzeit-Daten können archiviert werden.

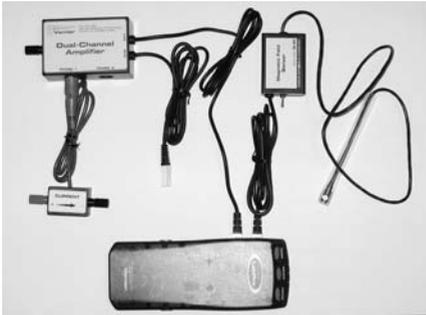
88	Es wurde versucht, Daten während der Datenaufnahme zu archivieren.
97	Die gewählte Kanalnummer gibt es nicht, z.B. Kanal 25.
98	Sehr schlecht! Ein nicht definierter Fehler ist eingetreten, der Fehler kann nicht analysiert werden. Hoffentlich passiert das nie.
99	Zu viel Strom fließt an den analogen oder digitalen Ports. Das verkraftet die Stromversorgung des LabPro nicht und deshalb wurde die Stromversorgung unterbrochen, damit das Gerät nicht kaputt geht. Es muss unbedingt geprüft werden, welches angeschlossene Gerät so viel Strom verlangt.
970	Datenüberlauf. Es wurden zu viele Daten aufgenommen. Das kann passieren, wenn vier analoge Kanäle für 12000 verwendet werden sollten, aber ein analoger und ein digitaler Kanal angesprochen wurden.

17. Welche Sensoren gibt es?

Nicht nur in der Automobilindustrie, sondern auch in Haushaltsgeräten Spielzeugen oder Sicherheitsschaltungen werden Sensoren verwendet. Ihre baulichen Maße und der Strombedarf sind klein. Wir finden im Internet bei www.vernier.com oder www.education.ti.com alles, was wir suchen.

Es werden spezielle Sensoren für die Unterrichtsfächer PHYSIK, CHEMIE, BIOLOGIE, SPORT angeboten.

Bis auf ganz wenige Sensoren werden vom LabPro/CBL 2™ automatisch erkannt bzw. können im Setup definiert werden. Alle Sensoren sind werksseitig kalibriert und brauchen nicht neu kalibriert zu werden. Sie können jedoch eine Neukalibrierung durchführen. Dazu gibt es zu jedem Sensor eine englischsprachige Anleitung, die auch auf die Funktionsweise und die Eigenschaften der einzelnen Sensoren eingeht.



BTA-Sensoren

Diese Sensoren werden vom LabPro automatisch erkannt.



DIN-Sensor mit Adapter

Diese Sensoren müssen meist im Setup definiert werden.

Für physikalische Versuche sind folgende Sensoren interessant:

Sensorname	Code	Anwendung
3-Axis-Accelerometer	3d-BTA	Alle Versuche zur gleichmäßig oder auch ungleichmäßig beschleunigten Bewegung. Der Sensor misst in drei orthogonalen Achsen positiv und negativ Auflösung 0,1m/s ² , max. 10g
25g-Accelerometer	ACC-BTA	Versuche mit starken Beschleunigungen bis ±25g Auflösung 1m/s ²
Low-g-Accelerometer	LGA-BTA	1-Achsen-Beschleunigungsmesser bis ±10g Auflösung 1m/s ²
Barometer	BAR-BTA	Barometer, auch als Höhenmesser einsetzbar 81–106kPa
CO ₂ Gas Sensor	CO2-BTA	Zur Messung der CO ₂ -Konzentration 0–5000ppm
Colorimeter	COL-BTA	Colorimeter zur Bestimmung von Stoffkonzentrationen. Es arbeitet mit vier Wellenlängen: 430, 470, 565 und 635nm
Current Probe	DCP-BTA	Zum Messen von Stromstärken AC/DC ±600mA
Differential Voltage Probe	DVP-BTA	Spannungssensor ±6V; Eigenwiderstand 10MΩ
Dual Range Force Sensor	DFS-BTA	Misst Zug- und Schubkräfte in zwei einstellbaren Bereichen: ±10N und ±50N. Geeignet für ALLE Versuche, die Sie sonst nur mit einem Federkraftmesser durchführen könnten.
Electrode Amplifier	EA-BTA	Der Sensor verstärkt kleinste Spannungssignale von -450mV bis 1100mV in eine vom LabPro auswertbare Spannung zwischen 0V und 5V
Electric Field Sensor		Bestimmung elektrischer Feldstärken

Force Plate	FP-BTA	Kraftplatte der Form einer Haushalts-Personenwaage. Auch als diese einsetzbar. Auflösung 1,2N; Messbereich - 800 bis 3500N bzw. -200N bis 800N. Versuche zum Laufen und Springen.
Gas Pressure Sensor	GPS-BTA	Misst den Gasdruck 0–230kPa. Mit umfangreichem Zubehör, z.B. Kolbenprober, Schlauch, T-Ventil
Instrumentation Amplifier	INA-BTA	Mehrbereichs-Verstärker für kleine elektrische Spannungen zwischen 20mV und 1V. Einstellbare Arbeitsbereiche: 0-20mV, 0-200mV, 0-1V, $\pm 20\text{mV}$, $\pm 200\text{mV}$, $\pm 1\text{V}$
Light Sensor	LS-BTA	Misst Lichtstärken von 0–600Lux
Magnetic Field Sensor	MG-BTA	Die Hall-Sonde misst magnetische Flussdichten von $\pm 6,5\text{mT}$ bzw. $\pm 0,32\text{mT}$ (schaltbar).
Microphone	MCA-BTA	Machen Sie den TI-Rechner zum Oszilloskop! Das Mikrofon kann in vielen Akustik-Versuchen verwendet werden. (Frequenzmessung, Lautstärke, Schwebung)
CBL 2™	MD-BTD	Der Bewegungssensor arbeitet wie eine Ultraschall-Einparkhilfe für Autos. Sie können Entfernungen zwischen 15cm und 6m exakt messen. Außerdem ist das Gerät als Geschwindigkeitsmesser und Beschleunigungsmesser einsetzbar.
O ₂ - Sensor	O2-BTA	Messung der Sauerstoffkonzentration 0 bis 270ppt (0 – 27%)
ph – Sensor	PH-BTA	Messungen zum PH-Wert (0 bis 14, Auflösung 0,005)
Photogate	VPG-BTD	Lichtschranke. Eine Lichtschranke benötigt einen digitalen Eingang! Bei Verwendung am CBL 2™ brauchen Sie den CBL™/2P – Adapter. Bestens geeignet für Versuche zur Bewegungslehre. Es gibt umfangreiches Zubehör. (<u>Superrolle</u> , über die man einen Faden laufen lassen kann; <u>Picket-Fence</u> ,

		gleich einem 40cm Zebra-Streifen für Freifallversuche; <u>BarTape</u> , 3m langer Filmstreifen hell/dunkel; robuster Alu- <u>LaserPointer</u> , um aus der 7,5cm breiten Lichtschranke eine mehrere Meter breite zu machen, so z.B. zur Messung der Geschwindigkeit von Personen oder Fahrzeugen.
Radiation Monitor	RM-BTD	Ein Geigerzähler zur Messung von α , β und γ - Strahlung. Das Gerät, auch ohne LabPro einsetzbar, hat ein eingebautes Messwerk und natürlich Lautsprecher.
Student Radiation Monitor	SRM-BTD	Einfacher Geigerzähler ohne eingebautes Messwerk für β und γ - Strahlung.
Relative Humidity Sensor	RH-BTA	Zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 0% und 99%
Rotary Motion Sensor	RMS-BTD	Der Sensor registriert Drehbewegungen. Einsetzbar u.a. zur Bestimmung von Winkelgeschwindigkeiten, Winkelbeschleunigungen, zur Aufnahme von Pendelschwingungen.
Sound Level Meter	SLM-BTA	Messen Sie Lautstärken von 30 bis 150dB.
Stainless Steel Temperature Probe	TMP-BTA	Für alle Versuche der Thermodynamik im Bereich von -40°C bis +130°C.
Extra-Long-Temperature Probe	TPL-BTA	-50°C bis +150°C, Sensor mit einem extra langen Kabel: 30m!
Surface Temperature Sensor	STS-BTA	Der Temperaturfühler ist etwas kleiner als ein Streichholzkopf und eignet sich zur punktgenauen Temperaturmessung. -25°C bis 130°C.
Thermocouple	TCA-BTA	Zur Messung von hohen Temperaturen. Jedes Gerät ist individuell kalibriert und arbeitet mit einer Genauigkeit von $\pm 4K$. Messbereich 0 – 600°C.
UVA and UVB Sensors	UVA-BTA UVB-BTA	320 – 390nm 290 – 320nm
Voltage Probe	VP-BTA	Misst Spannungen von $\pm 10V$ mit einer Auflösung von 5mV.

18. Experiment: Freifall des LabPro

Ein langer Weg von der Idee zur Umsetzung-
Ausblick auf das mögliche Unmögliche

Das Ziel: Mit dem LabPro wird eine CD mit Beispieldateien geliefert. Dazu gehört auch „dropzone.cmb1“. Da man in Deutschland unter einer Dropzone einen Start- und Landeplatz für Fallschirmspringer versteht, sollen das LabPro und einige Sensoren den Freifalltest aus 4000m Höhe mit einer Freifallzeit von etwa 65s bei einer Fallschirmöffnungshöhe von 1000m überstehen und dabei auch noch realistische Werte liefern. Die Idee dazu kam mir bei 250km/h in 3000m Höhe...

Es soll zunächst die auf den Fallschirmspringer einwirkende Gesamtbeschleunigung bzw. der g-Faktor ermittelt werden. Gleichzeitig ist ein h-t-Diagramm aufzunehmen.

Die Mittel:

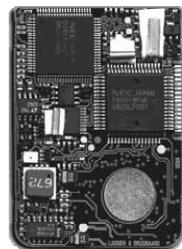
- LabPro, Voyage™ 200, Laptop
- Temperatursonde
- **STS-BTA**
- Drucksonde
- **GPS-BTA**
- Beschleunigungs Sensor **3d-BTA**
- Absetzflugzeug
- Fallschirmspringer mit kompletter Ausrüstung



Gibt es da nicht schon etwas?

Auf jeden Fall. Es gibt sogar eine sehr große Auswahl von Geräten für Luftsportler, insbesondere für Fallschirmspringer, um die wichtigste Tätigkeit am Himmel zu überwachen: Die Höhenkontrolle. Der mechanische (geeichte) Höhenmesser ist für jeden Springer Pflicht wie der Tachometer im Auto. Im Fallschirmsport gilt das Motto "Höhe ist Leben", und darum haben viele Springer auch noch einen akustischen Höhenwarner in ihrem Helm. Solche Geräte sind absolut hochwertig und arbeiten präzise. Sie haben eine sehr kleine Bauweise und speichern trotzdem die gesamten Flugdaten von etwa 200 Absprüngen. Und wie beim LabPro kann man in der Auswertung ein h-t-Diagramm oder ein v-t-Diagramm auf dem Computerbildschirm darstellen. Solche Geräte, wie z.B. der ProTrack, kosten so viel wie ein LabPro.

Bleibt fraglos zu antworten, dass man natürlich mit den Mitteln



des modernen Physikraumes *mehr* Messmöglichkeiten in mindestens gleicher Qualität hat. Und genau das soll hier gemacht werden.

Die lange Vorbereitung:

Zunächst musste untersucht werden, wie das LabPro im Remote-Modus funktioniert. Sie wissen, wie man mit einem angeschlossenen TI-Rechner mit DataMate oder auch über ein Notebook (LoggerPro) oder Palm das LabPro für den Remote-Modus setzen kann, damit es als eigenständiges Gerät Daten sammelt, die dann an einem Rechner wieder eingelesen und dargestellt werden können. (Siehe Kapitel „Grundlagen der Bedienung“.)

Das LabPro ist in der Lage, 12287 Datensätze im Remote-Modus zu speichern. Das muss reichen, um die auf den Fallschirmspringer einwirkenden physikalischen Größen in hinreichender Genauigkeit zu messen.

In unzähligen Hausversuchen wurde der zeitliche Ablauf im Flugzeug trainiert: Auf dem Fußboden sitzend mit Laptop auf den Beinen und Sensoren (3d-BTA und GPS-BTA) am Körper wurde das LabPro über USB zum



Datensammeln programmiert. Dann aufstehen und im Gedanken zählend zur Absprungtür (Exit) gehen; stehend die Art des Absprunghanges durchgehen; die Wirkung des relativen Windes und die etwa 10-sekündige Beschleunigungsphase simulieren. Es folgten gedanklich spezielle Körperlagen: Bauch, Rücken, Salto, Head-Down. Und immer weiter zählend. Wegfliegen vom Kameramann und Schirm öffnen. Er geht auf, ok.

Die Ernüchterung kam immer dann, wenn das LabPro (Rom-Version 6.27) aus dem Remote-Modus heraus wieder an den Rechner gesteckt wurde: Die Zahlenwerte passten nicht zur Erwartung. Zunächst vermutete ich, dass der Remote-setzende auch der Remote-lesende Rechner sein muss. Das war nicht die Ursache. Im finalen Testlauf am 19.03.05 mit 3d-BTA (Beschleunigung) und GPS-BTA (Druck) sprang ich nicht ab, sondern blieb auf dem Copilotensitz. Der Pilot ging für mich extra in maximalen Sinkflug und drückte die Maschine mit voller Kraft Richtung Erdmittelpunkt. Obwohl die ersten der auf 4000m abgesetzten Freifallsportler eine Minute mit etwa 200km/h Vorsprung hatten, waren wir fast zeitgleich am Boden und meine/ unsere, Erwartungen an die Messwerte waren hoch. Aber leider: Fehlschlag (Abb1. nächste Seite).

Gleiche Probleme ergaben sich, wenn statt der GPS-BTA eine STS-BTA (Temperatur) verwendet wurde. Also ging ich systematisch auf Fehlersuche: Ich begann von neuem, jedoch nur mit einer Sonde an einem Kanal: Prima, das hat geklappt. Dann schloss ich die 3d-BTA allein an. So lange ein Rechner

angeschlossen war, gab es keine Probleme. Sogar im Remote-Modus hat die Sonde funktioniert. Aber irgendwas stimmte mit der Verteilung von x, y, und z nicht. Dann testete ich das Remote-Verhalten von GPS-BTA und STS-BTA. Für den äußeren Beobachter recht merkwürdig anmutend lief ich mit dem LabPro in der Tasche etwa 15mal durch das Haus, probierte verschiedene Arten der Stromversorgung, verschiedene Eingangskanäle, vertauschte die Sonden, nahm andere Sonden – es gab immer wieder das gleiche Problem: Nach dem Einlesen der Messwerte in LoggerPro erschienen die Zahlen in der richtigen Spalte, nur wurden und werden bei diesem Vorgang die Spaltentitel vertauscht! Um das live zu erleben muss man im richtigen Moment auf den Bildschirm schauen. Selbst das Einlesen in eine neue Datei ändert daran nichts. (Abb.2)

So beschloss ich, um wenigstens einen ersten Erfolg zu haben, mit Laptop, LabPro, 3d-BTA, einer Maus und einem USB-Kabel an Bord unserer Cessna Caravan zu gehen.

Der erste Versuch

Mit einem Videomann bilde ich ein „Zweierteam“. Der Sprunganzug ist recht eng. Er ist hauteng. Das LabPro hat kaum Platz. Von meinen Bodenübungen wusste ich einzuschätzen, dass ich in rund 2000m Höhe den Computer starten muss. So sollten noch etwa 6min bis zum Exit bleiben. Alle Handgriffe sitzen, die, die ich mache und auch die an meinem Fallschirm. Aber dann ein erstes Problem: Die Ablagekiste im Flieger für Material ist für das Notebook zwei Zentimeter zu klein. Das Gerät musste demnach vor zum Piloten, sonst wäre es evt. selbst noch in den Freifall übergegangen. Meine 13 Mitspringer sahen es gelassen und reichten den Klappcomputer nach vorn durch.

Exit. Der Druck auf den Start-Knopf hat geklappt. Nur hat beim Schließen der Kombi die Enge des Stoffes gleich noch mal drauf gedrückt. Messung beendet. Im Freifall hat es wohl noch öfter auf den für diese Zwecke zu hoch heraus ragenden Knöpfen herumgedrückt. Toll. Da gab es keine Werte zum Lesen.



Der zweite Versuch

Neue Sprungkombi (bedeutend weiter, damit mehr Platz für die Geräte bleibt) sowie GPS-BTA und STS-BTA. Spannung! Aufstieg, diesmal auf dem Copilotensitz. 2000m. Rechner starten, LabPro mit frischen Batterien bestücken, USB-Verbindung herstellen, vorgefertigte Datei in LoggerPro aufrufen und den Fernsteuermodus (Experiment-Remote-Remote Setup-LabPro) bestätigen. Leuchtet gelb und grün? Ja! Geräte im Anzug verstauen, Rechner schließen und verstauen. Start drücken. Im Freifall habe ich nach Stabilisierung in Bauchlage in etwa 3600m Höhe einen Salto gemacht. Dann folgte nach Stabilisierung eine 360°-Drehung und ein sogenannter Trackdive (schneller Vorwärts-Sinkflug), der in einen Head-Down (Kopf

nach unten, Beine oben) übergang. Das ergab nach Auswertung des Flugschreibers eine Maximalgeschwindigkeit von 314km/h.

Wie am Boden mit dem Sicherheitspersonal vereinbart habe ich den Schirm in 1500m Höhe aus dem Container gezogen, der dann in 1200m Höhe vollständig geöffnet war.

Nach mehr als 30 Fehlschlägen am Boden und am Himmel waren die Erwartungen jetzt extrem hoch und die Motivation konvergierte gegen Null. Das mit der Konvergenz änderte sich schlagartig, denn die Messwerte waren verwertbar. Der 23.04.05 sollte in die Geschichte des LabPro eingehen, auch wenn die Spalten der Wertetabelle vertauscht sind und die STS-BTA beim noch vor dem Absprung in den Ärmel gerutscht ist (Abb.2).

Das Problem:

Wenn das LabPro im Remote-Modus verschiedene Größen messen soll, dann werden zunächst die Werte im programmierten Takt aufgenommen. In der Folge werden die Werte vom ersten mit den Werten vom letzten verwendeten Kanal nach dem Einlesen in den PC vertauscht. Das ist in LoggerPro 3.3 unangenehm, weil man zwar die Bezeichnung der Größe nachträglich ändern kann, nicht aber die Maßeinheit.

Das Problem sollte sich übrigens mit Erscheinen der LoggerPro-Version 3.4.1 gelöst haben. → Softwaremängel des PC-Programms LoggerPro 3.3. Wenn alle vier analogen Eingänge verwendet werden, kann man mit dem TI-Rechner über DataMate das LabPro übertakten, es kommt zum Datenüberlauf. Dann entstehen Ergebnisse wie in Abb.1: Ich muss mich wohl im Vakuum aufgehalten haben und beschleunigte innerhalb von 250s gleichmäßig von Null mit 360g (3500m/s²). Der Input von y- und z-Achse lieferte die gleichen Zahlen, streng monoton steigend.

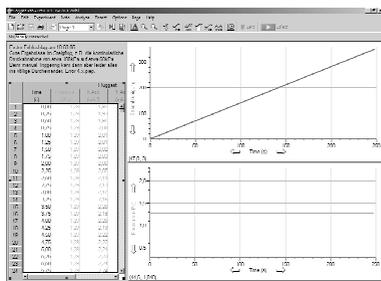


Abb.1:
Das kann kein Sinkflug eines Flugzeuges sein.

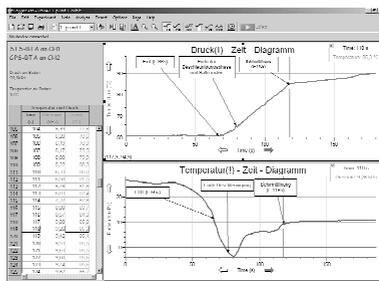


Abb.2:
Vertauschte Kanäle

Hinweis:

Die Genauigkeit ist dann hinreichend eingestellt, wenn die Taktung auf wenigstens 1/10 Sekunde eingestellt wird. Dieser Zeittakt ist für die Messung der Beschleunigung bzw. des g-Faktors mit der 3d-BTA jedoch eigentlich noch zu grob, kann aber kaum unterschritten werden, wenn damit der gesamte Freifall ab

- a) das LabPro aus dem Programm LoggerPro heraus in den Remote-Modus gesetzt wurde oder
- b) das LabPro am TI-Rechner in den Remote-Modus gesetzt wurde
und
- c) die Messwerte in eine existierende und noch **vor** Herstellen der USB – Verbindung zwischen LabPro und PC geöffnete LoggerPro-Datei (V.3.3) geladen werden.

Es ist auf die Feinheiten der Fälle a, b und c zu achten.

Mit der Programmversion LoggerPro 3.4.1 ist Notwendigkeit c) entfallen.

- 6. Programmieren des LabPro für den Remote-Modus nach eigenen Wünschen bzw. den Anforderungen. Ein Programmlisting für **datbipps()** ist im Kapitel „Speicher“ gegeben.
- 7. Es leuchten gelb bzw. gelb-grün am LabPro.
- 8. Starten sie die Messung mit Start/Stop.

Die grüne LED wird flackern oder leuchten. Bleiben Sie ruhig, wenn die LED nicht leuchtet. Das liegt am Operating System, das Gerät sammelt trotzdem richtige Daten.

- 9. Beim Einlesen der Messwerte in Ihre vorgefertigte und geöffnete LoggerPro-Datei beantworten Sie die erste Frage (Soll ich die neuen Daten einlesen?) mit YES und die zweite Frage (Soll ich die alten Daten speichern?) mit NO.

Ergebnis:

Zwei Tage nach dem Schreiben des T Programms musste sich das gesamte Paket im Flugzeug bewähren. Witterungsbedingt waren an dem Tag nur zwei Versuchsabsprünge möglich.

Sprung 1: Sensoren: 3d-BTA. (3 Kanäle)

Vorbereitung auf die Messung in 3000m Höhe. Programmierung des LabPro mit dem TI-89 Titanium und dem Programm datbipps() inmitten von 14 weiteren Fallschirmspringern, gedrängt wie in einer Fischbüchse. Aber es hat funktioniert und die Prozedur dauerte nur Sekunden. Zum Glück waren wir mit dem Flugzeug kurz vor meinem Absprung aus dem „Slot“ gekommen, der Pilot musste noch eine Schleife fliegen, damit wir auch sicher zum Landeplatz zurückfinden. Sicherheit geht in jedem Fall vor! Und ich konnte in Ruhe mein LabPro starten und im Anzug verstauen. -10°C sind bei Tempo 160km/h an einer offenen Ausstiegstür von etwa 1,5m² ganz schön kalt...

Der Pilot gibt grün: Exit!

Am Boden angekommen wird gleich der Schirm abgelegt und der Computer gestartet. Es hat funktioniert! Das Vertauschen der Werte von x (CH1) mit den Werten von z (CH3) ist fast unerheblich.

Sprung 2: Sensoren: 3d-BTA und GPS-BTA (4 Kanäle)

Gemeinsam mit dem Piloten verfolge ich beim Aufstieg die Änderung des

Luftdruckes im Live–Graph–Modus von DataMate. Auf 1700m verlassen zwei Springer aus freien Stücken die voll funktionsfähige Cessna Caravan. Aber so sind Fallschirmspringer nun einmal.

Meine Vorbereitung auf die Messung beginnen in 4000m Höhe.

Programmierung des LabPro mit dem TI-89 Titanium und dem Programm datbipps() auf dem Copilotensitz – das dauert nur 10 Sekunden.

Zeitintervall: 0,1s; Messdauer gesamt: 300s (Der LabPro–Speicher wäre bei 309s voll.)

Der TI-Rechner bleibt natürlich im Flugzeug.

Der Absprung erfolgt mit sofortiger Stabilisierung, also direktes Legen des Körpers auf den relativen Wind (der durch die Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges verursacht wird). Zur Horizontalkomponente der Bremskraft kommt die vertikal wirkende Fallbeschleunigung. Es ist NICHT zu erwarten, dass bei einem Absprung aus dem Flugzeug die resultierende Gesamtbeschleunigung zu irgendeinem Zeitpunkt Null sein könnte.

Während des Freifalls führe ich, wenn überhaupt, nur Korrekturbewegungen aus. Ansonsten werden die 70 Sekunden wie eine Ewigkeit dauern.

Wieder am Boden geht es gleich zum Hangar. Laptop an und Daten einlesen: Es hat schon wieder funktioniert! Diesmal mit einem Druck–Diagramm. ABER: Im Vorfeld muss man hier wissen, dass die Zahlenwerte (diesmal) der z-Achse (CH3) mit denen des Drucks (CH4) beim Einlesen vertauscht werden. Die Datenübertragung in den PC erfolgt nur dann fehlerfrei, wenn die Daten in eine bestehende, auf die konkrete Sondenbelegung bezogene Datei geladen werden.

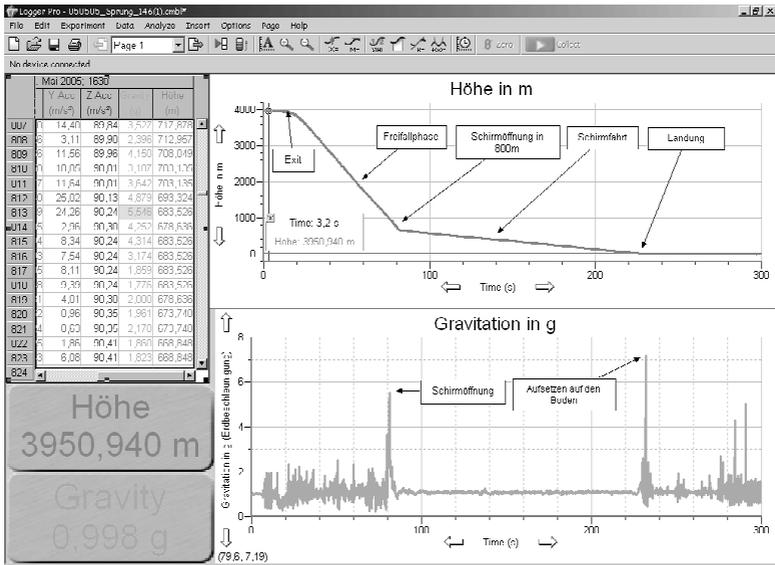
Wenige Kniffe, z.B. das Einbinden der barometrischen Höhenformel oder die Vektorsumme zur Bestimmung der Gesamtbeschleunigung, lassen schnell sehr informative Graphen auf den Monitor zaubern. Gemeinsam mit dem Piloten Micha und einigen weiteren Interessenten werde ich mehr als eine Stunde die Kurven deuten.

Im Weiteren soll es um die Optimierung der Durchführung zur g–Messung gehen, denn es hat sich herausgestellt, dass allein das Einstecken der 3d-BTA nicht ausreicht, um auf die Körperhaltung und die Bewegungen eindeutig schließen zu können. Der Sensor muss also am Körper ausgerichtet werden.

→ Auf den nächsten Seite sehen Sie einen screenshot der resultierenden LoggerPro–Datei.

Hinweis: Mit dem CBL 2TM können Sie nur die Gravitation oder nur die Höhe und Temperatur und Herzfrequenz messen, denn dieses Gerät verfügt nur über drei analoge Eingänge.

Vor dem Nachmachen unbedingt an Gerätewechsel denken!



Spitzenwert Schirmöffnung: 5,7g

Spitzenwert Landung: 7,2g

Ist das normal? **JA!**

Selbst beim normalen Laufen erreichen wir vielfache der normalen Fallbeschleunigung. Ein Sprung von einem Stuhl auf den festen Boden wird auf den Körper mit etwa 20g (!) einwirken. Weil die Dauer dieser Einwirkung jedoch sehr gering ist (~1/100s) werden wir davon keinen Schaden nehmen. Wir kennen aber das Gefühl in den Füßen. Unser Körper federt Dank der Bauweise des Skeletts hervorragend nach und kompensiert die Kraftwirkung. Versuche hierfür machen Sie am besten mit der FORCE-PLATE.

Insofern ist das Aufsetzen mit 7g als „butterweich“ zu bezeichnen und vergleichbar mit Laufen im Gelände.

Versuch

Springen Sie von einer Fußbank aus etwa 10 bis 15cm Höhe und halten Sie dabei Ihren Körper gestreckt und angespannt. → Vorsicht Schmerz!

Zur Schirmöffnung: Die Dauer dieses Vorganges liegt im Sekundenbereich! Die Krafterwirkung erfolgt über die Beingurte auf die Oberschenkel, teilweise über die Schultergurte auf das Schlüsselbein. Hier macht der Mensch eine völlig neue Erfahrung, weil bei normaler Belastung auf diese Körperregionen kaum äußere Kräfte einwirken. Wenn sich dazu noch die Dauer der Belastung von über 5g gesellt, kann das für den Fallschirmspringer durchaus recht unangenehm werden und mit Verfärbungen der Haut enden...

Und was kann man dagegen tun?

Im Wesentlichen wird die Art der Öffnung des Fallschirms durch dessen Bauart und die Packweise bzw. Packsorgfalt bestimmt. Dabei kommt dem sog. „Slider“, einem fast unauffälligen Stoffrechteck, erhebliche Bedeutung zu. Er gewährleistet, dass der Fallschirm nach seiner Aktivierung nicht schlagartig aufspringt (Vergleichbar mit einem Sprung von einem Tisch auf den Hintern.

Aua!), sondern sich von der Mitte nach außen hin „langsam“ öffnet. Die Öffnungsverzögerung jedoch darf auch nicht zu lang andauern, weil der Sportler ja während dieser Zeit immer noch enorm an Höhe verliert und sich die Flug- und Landetauglichkeit des Fallschirms erst nach seiner vollständigen Öffnung offenbart. Da muss noch ausreichend Zeit sein, um im Ernstfall den Schirm abzutrennen, sich im (erneuten) Freifall zu stabilisieren, den Reserveschirm zu aktivieren und von diesem sicher getragen und gelandet zu werden!



Ob dieser Hinweise werden Sie hoffentlich nicht von „gefährlichem Sport“ reden, denn Fallschirmspringen ist heute eine der SICHERSTEN Sportarten mit den wenigsten Verletzungen. Ob im Motorsport, Radsport, Kampfsport oder bei Ballspielen: Der Notarzt ist dort nicht umsonst immer direkt dabei.

Ob dieser Hinweise werden Sie hoffentlich nicht von „gefährlichem Sport“ reden, denn Fallschirmspringen ist heute eine der SICHERSTEN Sportarten mit den wenigsten Verletzungen. Ob im Motorsport, Radsport, Kampfsport oder bei Ballspielen: Der Notarzt ist dort nicht umsonst immer direkt dabei.

Sprünge 3, 4: Die Aufnahme der Kurven von Luftdruck und Lufttemperatur erfolgt mit routinemäßig. Da das Flugzeug im Steigflug beheizt wird, spürt man die tatsächliche Lage der Dinge erst nach Öffnen der Tür: Im Flugzeug +20°C, in 4000m außen -11°C. Der Wert konnte nicht gemessen werden, weil selbst die verwendete STS-BTA noch zu träge ist und für diesen Unterschied 10s nicht ausreichen. Ansonsten sind die gemessenen Werte durchaus realistisch.

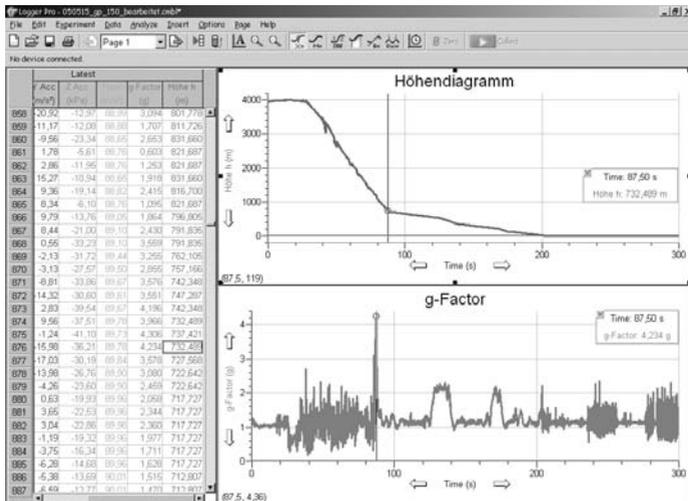
Sprung 5: Die bisherigen Versuche haben gezeigt, dass frühestens 3min vor der Exitfreigabe das LabPro programmiert werden muss. Das geht mit dem weiter oben schon erwähnten TI-Programm datbipps() sehr komfortabel. Mitgeführt wurden die 3d-BTA, diesmal an einem Bauchgürtel entsprechend der drei Körperachsen befestigt und die GPS-BTA, um zum g-Wert noch einen Höhenvergleich zu haben. Der Absprung erfolgte stabil auf den relativen Wind, nach etwa 10s zwei Salti rückwärts (die grünen Spitzen bei etwa 40s) und zwei seitwärts, danach 5s Rückenlage, anschließend schnelle Vorwärtsfahrt in Bauchlage (Tracken). Der Sprung wurde von einem Kameramann verfolgt. Die gesamte Freifallzeit betrug 65s, als durchschnittliche Fallgeschwindigkeit im Freifall misst man 205km/h,

Spitzengeschwindigkeit 290km/h. Vertikalbeschleunigung in den ersten 5s (Beschleunigungsphase): etwa 6m/s², Gesamtbeschleunigung in den ersten 5s: rund 0,25g.

Nach der Schirmöffnung mit einem Spitzenwert von rund 4,5g in etwa 730m Höhe folgte zunächst gleichmäßiges Absinken und zwei Perioden schneller Drehungen (bei 130s und 170s). Nach dem Abfangen aus diesen Rotationen war die Vorwärtsfahrt so schnell, dass für einige Sekunden der Fallschirm keine Höhe mehr abbauen konnte. Das Höhendigramm wurde aus den gemessenen Luftdruckwerten unter Anwendung der barometrischen Höhenformel vorgenommen. Der Luftdruck am Boden betrug zum Zeitpunkt der Aktion 98,64kPa, die Landung wird in den g-Diagrammen kaum sichtbar, beinahe hätten Eier unter den Füßen liegen können.

Alle hier gezeigten Daten stimmen zur allgemeinen Freude mit den Angaben der Instrumente im Flugzeug und des ProTrack überein.

→ Nächste Seite: screenshot



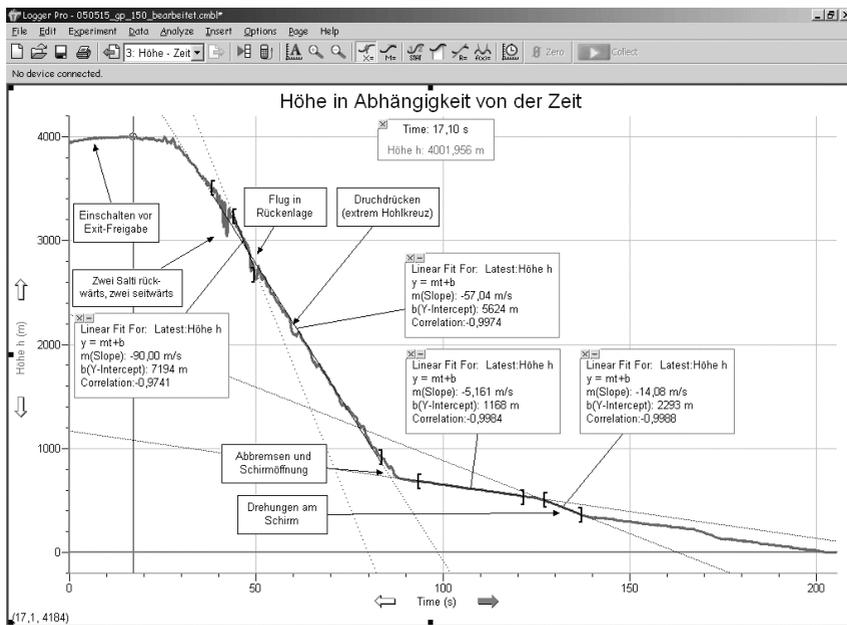
Barometrische Höhenformel: $p = p_0 \cdot e^{-\rho_0 \cdot g \cdot \frac{h}{p_0}}$ mit $\rho_0 = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

In LoggerPro heißt dann die Formel zur Errechnung der Höhe aus der Spalte „Pressure“ (unter Beachtung des weiter oben beschriebenen Problems der Zahldreher!!)

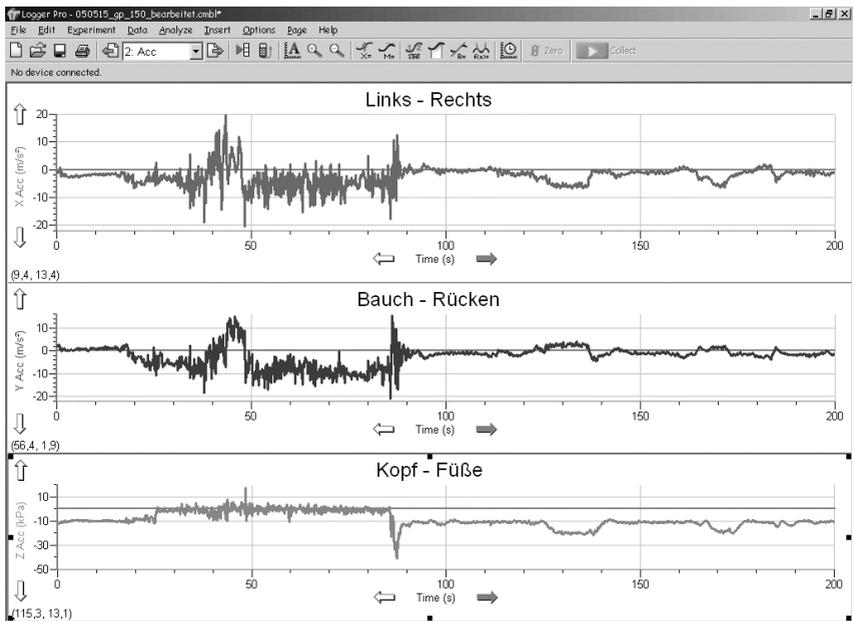
$$\ln(98,64 / \text{"Pressure"}) * 98640 / (1,29 * 9,81) + 31$$

Am Boden betrug zum Versuchszeitpunkt der Luftdruck 98,64kPa. Der Summand 31 korrigiert die Anfangshöhe (echte 4000m) und die Endhöhe (echte 0m).

Im Diagramm unten ist auch deutlich die Auswirkung des Setzens der Landeklappen zu sehen. Das Flugzeug hat kurz vor der Exitfreigabe noch deutlich an Höhe gewonnen (Steiggeschwindigkeit normalerweise etwa 1200ft/min). Beachten Sie, wie bei etwa 142s und 175s nach dem „Abtrudeln“ die Höhe für kurze Zeit konstant blieb. Aber zu keinem Zeitpunkt wird der Fallschirmspringer wieder „nach oben gezogen“, das ist eine optische Täuschung aus der Sicht vom Erdboden.



Zum Schluss sollen noch die drei Diagramme zur Beschleunigung gezeigt werden. Die Diagramme sind in sich nicht beschriftet. Ihre Bezeichnungen verraten die Ausrichtung des 3d-BTA am Körper, wobei Abweichungen einzukalkulieren sind. Experimentatoren wissen vielleicht um die Empfindlichkeit des Sensors, wodurch das „Rauschen“ in den Bildern entstand.

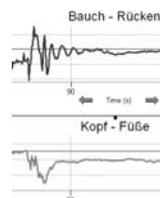


positive Richtungen: **x** nach rechts; **y** zum Rücken hin; **z** zum Kopf hin

Kurzinterpretation:

Zeit [intervall]	Aktion
17s	Exit
25s – 85s	Im Mittel ist $a_z=0$, Das ist im Wesentlichen die Bauch / Rückenlage im Freifall.
38s – 42s	Salti
~45s	Rückenlage
~85s	Schirmöffnung mit Pendelbewegung (blau, Vergrößerung unten), wenn der Körper von der horizontalen in die vertikale Position gezogen wird. Deutlich auch zu sehen, wie die Beschleunigung in Richtung Füße bis über 40m/s^2 hochschnellt. Dennoch war dies eine weiche Schirmöffnung!
90s – 120s	Normale Schirmfahrt mit- und gegen Wind.
um 130s und um 170s	Starke Rechtskurven bzw. „Abtrudeln“ (ugs: „Herunterschrauben“) Die Beschleunigung wirkte senkrecht und auf den Körper nach links.

Im neben stehenden Bild erkennen Sie die schwingende Bewegung, beginnend mit einer Bewegung bauchwärts (Knick nach unten) und einer schönen gedämpften Schwingung mit 5 Perioden.



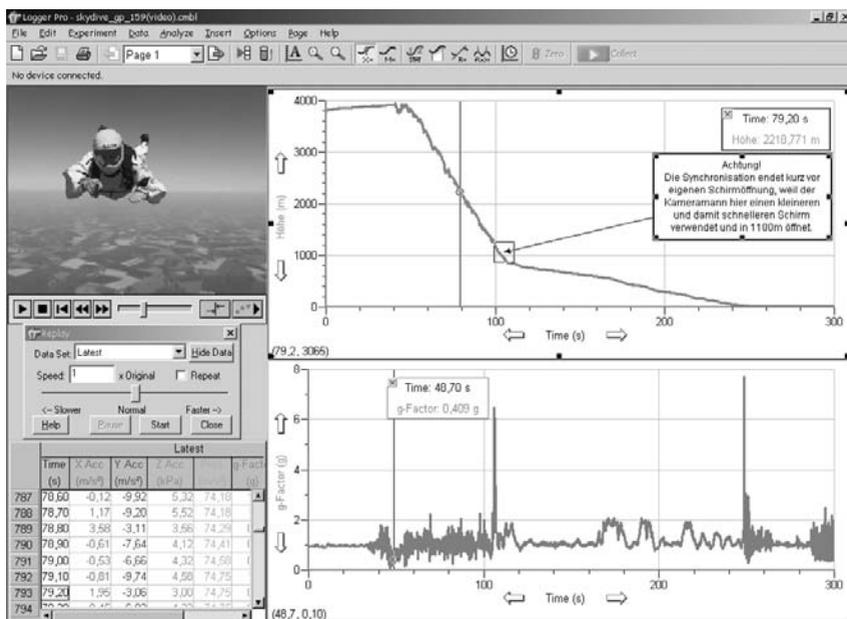
Das Finale

Am 28.05.2005 wurden im Rahmen dieser Versuchsreihe Physiklehrerinnen und Physiklehrer aus Thüringen und Sachsen auf den Flugplatz Gera eingeladen, um in einem Workshop das LabPro kennen zu lernen und anschließend das beschriebene Freifallexperiment zu erleben. Im Workshop wurde den Teilnehmern schnell die einfache Handhabung der Geräte klar, es wurden Versuche zu Kraft, Bewegung und Temperatur durchgeführt.

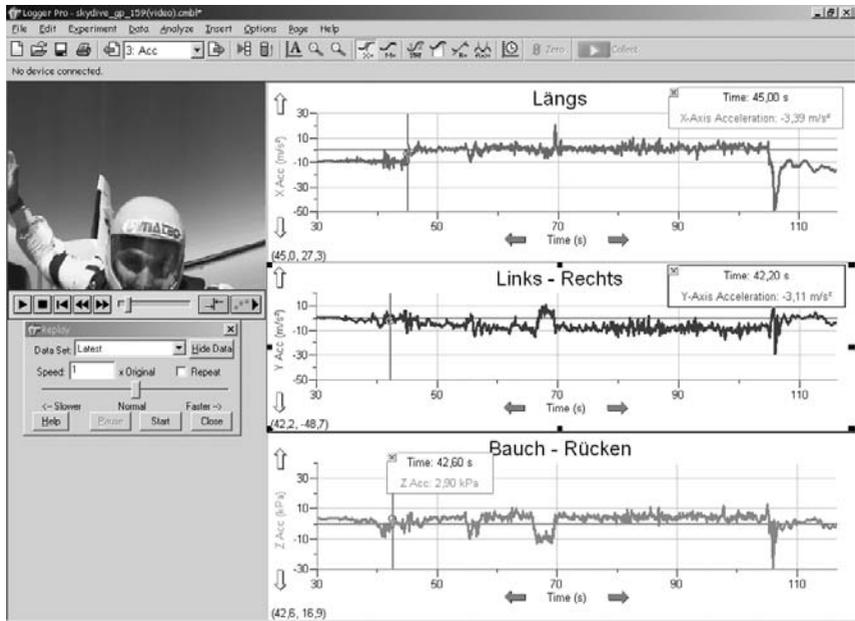
Viele Teilnehmer konnten es sich nicht nehmen, das Event mit einem Tandemsprung oder Mitflug auf dem Copilotensitz zu verbinden und so konnten drei Kollegen fast direkt an meinem Experiment teilnehmen. Als Ergebnis nehme ich zwei LoggerPro – Dateien mit nach Hause, die Sie natürlich von mir erhalten können.

Es geht weiter!

Für die nächsten Jahre sind weitere ähnliche Versuche am Fallschirm geplant, u.a. der ultimative „Cypres–Test“. Die Versuche werden an den Sprungplätzen in Gera, Kassel oder Gransee veranstaltet. Nähere Informationen erhalten Sie bei Texas Instruments Deutschland.



Als Ergebnis steht dann jeweils eine mit Video synchronisierte Datendatei zur Verfügung, die als Schmarkerl für abgefahrene Unterrichtsstunden dienen kann.



Text und Idee: . Wolfgang Beer

Fotos: Wolfgang Beer, Carsten Kruse, Frank Landorff

Video: Carsten Kruse, Frank Landorff

Grundlegendes zum Experimentieren mit Messwerterfassungssystemen

Haben Sie Fragen zu Produkten von Texas Instruments?
Oder sind Sie an weiteren Unterrichtsmaterialien, der Ausleihe von Rechnern oder
einer Lehrerfortbildung interessiert? Gerne steht Ihnen unser Customer Service
Center mit Rat und Tat zu Seite. Nehmen Sie mit uns Kontakt auf:

E-Mail: ti-cares@ti.com

Telefonisch von Montag bis Freitag 9.00 – 17.00 Uhr

Deutschland

Telefon: 06196-97 50 15

Telefax: 06196-97 50 44

education.ti.com/deutschland

Österreich

Telefon: 01-50 29 10 007

Telefax: 01-50 29 10 034

education.ti.com/oesterreich

Schweiz

Telefon: 044-27 30 688

Telefax: 022-71 00 036

education.ti.com/schweiz

Texas Instruments

c/o Sitel

Woluwelaan 158

1831 Diegem

Belgien



TI Technologie - Beyond Numbers

CL2006W.BEER/D

CBL2/SB/1ES/A