

---

## **Auslesen eines digitalen Meßschiebers**

Gunther Zielosko

### **1. Zielstellung**

Die moderne Elektronik macht auch vor traditionell mechanischen Konstruktionen nicht halt. Sicher kennen Sie digitale Meßschieber (oder sagt man Schieblehren?) wenigstens vom Anschauen. Die Vorteile solcher Geräte liegen auf der Hand, sie zeigen den Wert genau als Zahl an, ein mehr oder weniger mühsames Peilen auf den Nonius entfällt, eine Umrechnung von Millimeter in Zoll und umgekehrt erledigt das Gerät bei Bedarf auf Knopfdruck, meistens können Sie den Nullpunkt beliebig setzen, so daß z.B. Abweichungen vom Sollwert sehr einfach zu ermitteln sind. Spezielle Schieblehren können sogar Toleranzen oder Mittelwerte ausrechnen. Noch viel interessanter für uns ist der bei vielen derartigen Geräten vorhandene, meist aber wenig beachtete Datenausgang. Zwar gibt es manchmal im Fachhandel die erforderlichen Verbindungskabel, PC-Adapter, PC-Software und andere Auswertegeräte zumindest für Markenprodukte, diese sind aber meist sehr teuer und in der Regel auch nur schwierig an die jeweilige Problemstellung anpassungsfähig. Ganz anders unser BASIC-Tiger – den haben wir voll „im Griff“ und könnten die ankommenden Daten nach Belieben umformen oder sammeln. Wäre es nicht schön, die Daten eines digitalen Meßschiebers mit dem BASIC-Tiger auslesen zu können? Wenn Sie das Problem und eine unkonventionelle Lösung interessiert, lesen Sie weiter!

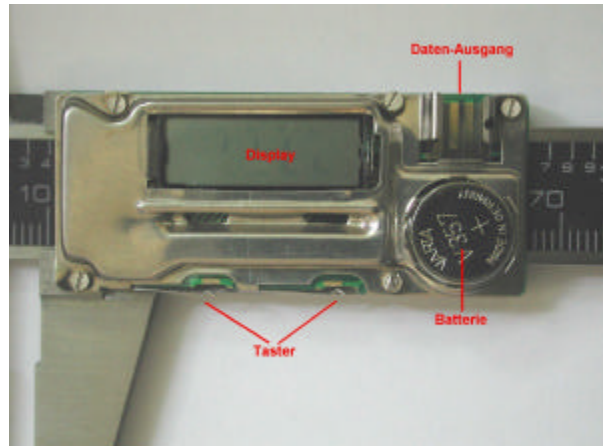
### **2. Das Innenleben eines digitalen Meßschiebers**

Ein digitaler Meßschieber ist ein Präzisionsgerät und nicht gerade billig. Damit Sie das gute Stück nicht aus purer Neugier demontieren müssen und eventuell dabei beschädigen, hat der Autor das für Sie getan. Sie können auf den folgenden Bildern die interessantesten Details sehen. Obwohl wir für unsere Aufgabenstellung die genaue Funktionsweise eines solchen digitalen Meßschiebers nicht unbedingt kennen müssen, schaden ein paar Informationen nichts. Die Längenmessung beruht auf einem kapazitiven Prinzip. Der im beweglichen Schieber auf einer Leiterplatte aufgebaute Spezial-IC sendet ein relativ hochfrequentes Signal auf eine große „Kondensatorplatte“, die sich ebenfalls auf dieser Leiterplatte befindet. Diese Schwingung wird kapazitiv auf eine weitere, unter der Skala befindliche strukturierte (feste) Leiterplatte gekoppelt. Ebenfalls auf der beweglichen Leiterplatte befinden sich viele kleine Kondensatorplatten (die Streifen auf Bild 4), die das über die Struktur der festen Leiterplatte „verteilte“ Signal wieder einkoppeln. Je nachdem, welche Segmente welches Signal empfangen, erfolgt die Auswertung der Bewegung und damit der Position durch den IC. Auch hier wird das Nonius-Prinzip aus der mechanischen Schieblehre benutzt, so daß auch sehr feine Positionsänderungen erkannt werden. Die weitere Datenverarbeitung ist wieder etwas einfacher. Der IC zählt die Positionsschritte vor- und rückwärts von einer frei definierbaren 0-Position aus und merkt sie sich ggf. auch über das (automatische oder manuelle) Abschalten des Displays hinaus bis zur nächsten Bewegung oder der nächsten Tastenbetätigung (mm /

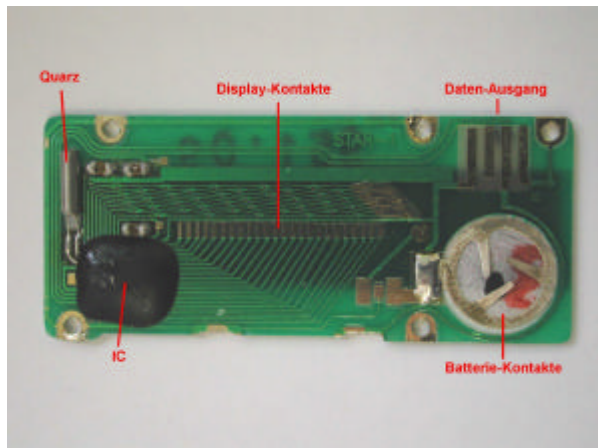
inch). Gleichzeitig wird vom IC der Meßwert im aktiven Zustand angezeigt und auf der Datenschnittstelle ausgegeben.



*Bild 1 So sieht ein typischer digitaler Meßschieber aus*



*Bild 2 Die Elektronik-Baugruppe nach Abnahme der Kunststoff-Kappe*



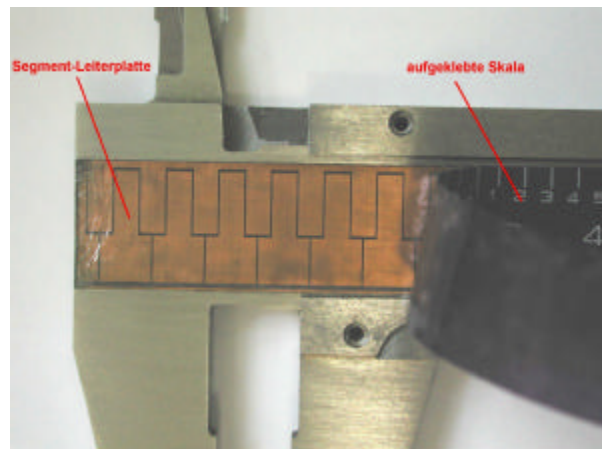
*Bild 3 Nach Entfernung der Blechverkleidung mit dem Display sieht man die bestückte Leiterplatte*



*Bild 4 auf der Rückseite sind die eigentlichen kapazitiven Meßsensoren erkennbar*



*Bild 5 das Display mit seiner Leitgummi-kontaktierung*



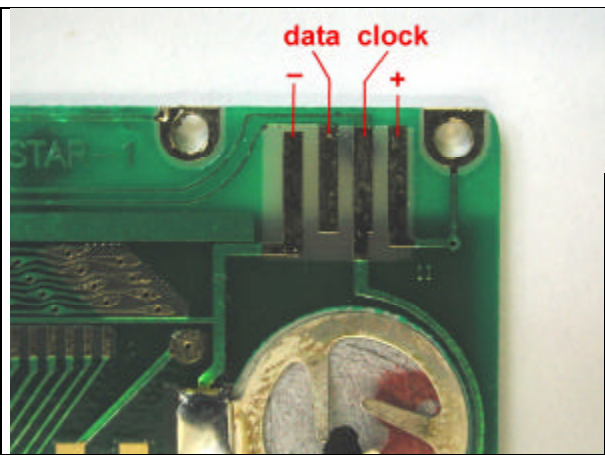
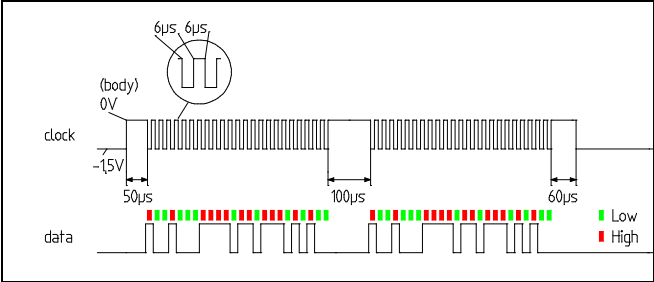
*Bild 6 das „Geheimnis“ des Weg-Sensors, eine unter die Skala geklebte dünne Leiterplatte mit einzelnen voneinander isolierten Kupferflächen*

### 3. Das physikalische Format der Datenausgabe

Abhängig vom Hersteller der Schiebelenen variieren natürlich die Daten-Formate.

Zuerst einmal, Vorsicht mit den in vielen Bedienungsanleitungen auftauchenden Bezeichnungen zur Daten-Schnittstelle! Oft werden Begriffe, wie „RS232“, „Opto-RS232“, „RS232C“, „Druckeranschluß“ sehr freizügig verwendet. Eine Kompatibilität zur „echten“ RS232- oder Drucker-Schnittstelle am PC liegt in den wenigsten Fällen vor. Allerdings gibt es auch teurere Produkte, die sogar direkt mit (der „echten“) RS232 kommunizieren.

Dennoch hat sich insbesondere bei den billigeren Fernost-Produkten (meist China), mit denen wir uns hier speziell beschäftigen wollen, eine Art Standard entwickelt, dessen Parameter hier vorgestellt werden. Es wird ein synchrones serielles Signal ausgegeben. Synchron heißt, im Gegensatz z.B. zur V24- oder RS232-Schnittstelle, die wir vom PC und vom BASIC-Tiger kennen, wird ein Takt mitgeliefert. Der Datencode selbst ist ein binärer Code mit 24 Bit. Jeder Meßwert wird in modifizierter Form zweimal übertragen. Der normale Übertragungszyklus ist 300 ms. Die reine Datenübertragungszeit ist 0,5 ms. Der Takt auf der Clock-Leitung beträgt ca. 70 kHz, die Daten werden in der Low-Zeit des Clocks übergeben. Die 4 Anschlüsse der Schnittstelle unseres Meßschiebers haben eine Belegung, wie sie Bild 7 zeigt.

<ol style="list-style-type: none"><li>1. Negativer Batterieanschluß (-)</li><li>2. Daten (Data D)</li><li>3. Takt (Clock Pulse CP)</li><li>4. Positiver Batterieanschluß (+)</li></ol>	
	<p><i>Bild 7 Der Datenausgang, links oben Benennung der Anschlüsse, rechts geometrische Anordnung, links unten das Impulsschema</i></p>

Die Pegel der Takt- und Datenleitung liegen auf dem Niveau der beiden Batteriepole. Zu beachten ist, daß der Batterie-Pluspol auf Gehäuse-Potential liegen kann (beim Gerät des Autors war es so!). Das ist wichtig, wenn die metallische Mechanik der Schieblehre auf irgendein Gerät gelegt oder gar montiert wird, dessen Masse auf Minus liegt.

Die äußerlich manchmal recht unterschiedlich aussehenden Meßschieber stammen meist aus China und sind verglichen mit „Markenartikeln“ sehr preiswert, dabei aber trotzdem zuverlässig und genau. Obwohl viele einen Datenausgang haben, ist die Suche nach fertigen Lösungen zur Datenerfassung häufig erfolglos. Man findet kaum ein Werkzeuggeschäft oder Baumarkt, der einem auf Anhieb ein Datenkabel, Software oder sonst eine fertige Lösung anbieten kann. Deshalb werden wir von vornherein eine eigene Entwicklung angehen.

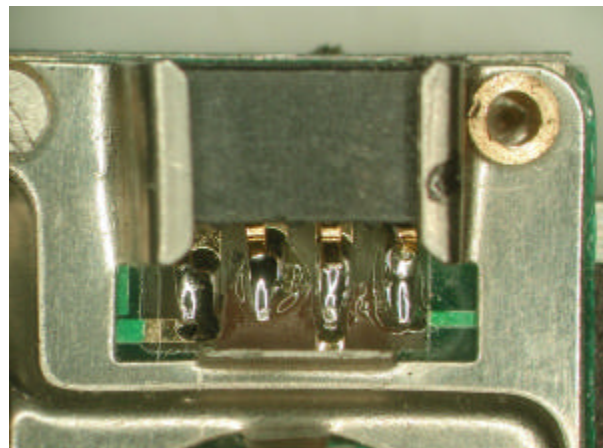
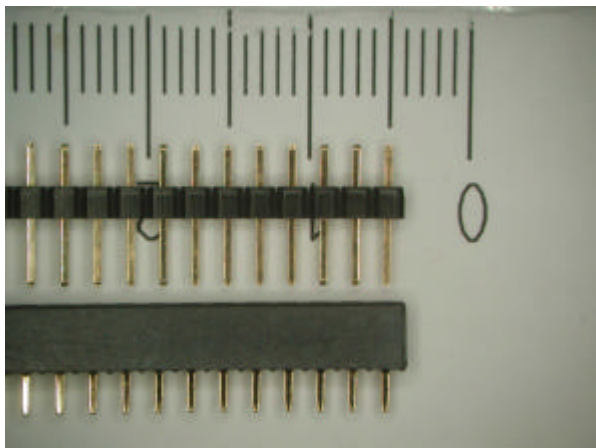
#### **4. Das mechanische Problem des Datenausganges**

Leider ist auch die mechanische Kontaktierung dieser digitalen Schieblehren eher schwierig. Es paßt kein handelsübliches Stecksystem, außer das genau dafür gebauten Datenkabel – und das ist teuer. Wer diese Variante umgehen will, muß sich etwas Eigenes basteln. Ein (dorniger) Weg ist, sich einen solchen Stecker selbst anzufertigen, ein anderer, auf die Kontaktflächen der Leiterplatte etwas Handelsübliches aufzulöten.

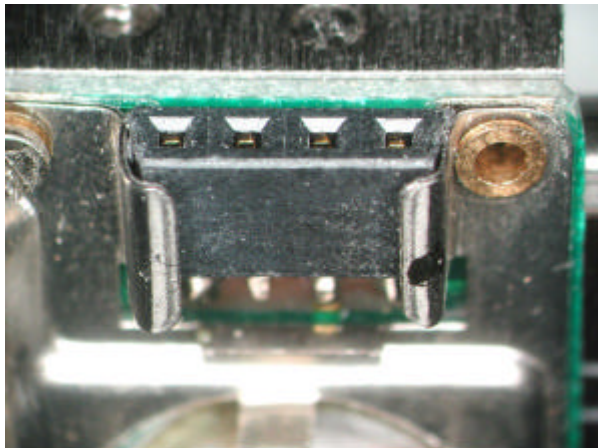
Die erste Variante hat die Vorteile, daß das Instrument weiterhin für professionelle Anschlußgeräte geeignet und die Garantie erhalten bleibt. Allerdings müssen Sie einen Stecker mit dem absolut unüblichen Rastermaß von etwas weniger als 2 mm und hohem mechanischen Schwierigkeitsgrad bauen (Schrägen an den Seiten, sehr wenig Platz usw.). Eine Variante ist, aus der Bastelkiste ein Stück Leiterplatte mit im Raster von 2 mm verlaufenden Leitbahnen herauszusuchen oder anzufertigen. Ein paar Kontaktfedern aus einem Stecker für eine direkte Leiterplattenanbindung entsprechend umgebogen werden auf dieses Stück Leiterplatte gelötet. Zur Isolierung wird darauf noch eine dünne, aber stabile Isolierschicht aufgeklebt, da oben die beiden Führungs-Metallwinkel der Schieblehre sonst einen Kurzschluß verursachen würden. Damit können Sie ein Kabel zum Interface herstellen,

das einmal billig ist, zum anderen aber die Schieblehre in ihrer ursprünglichen Form und Funktion nicht verändert.

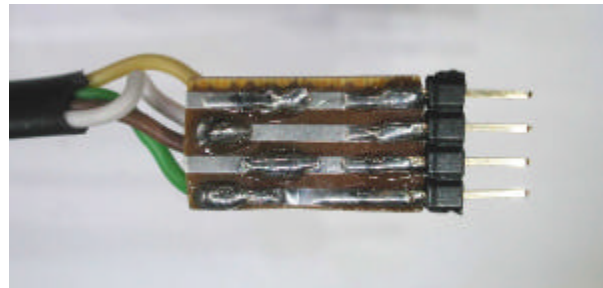
Die zweite Variante ist für eigene Experimente besser geeignet und macht das Interface zukünftig besser zugänglich. Falls Sie sich für das Löten entscheiden, beachten Sie peinlichst genau die Regeln für empfindliche elektronische Bauteile (Elektrostatik, Wärme, Kurzschlüsse)! Verwenden Sie möglichst Kleinspannungslötkolben (12 V) oder schalten Sie NetzlötKolben sicherheitshalber beim Löten aus. Sicher kennen Sie die handelsüblichen Pfosten-Stecker, die man fast auf jeder Leiterplatte findet, dort werden dann z.B. Jumper, Buchsenleisten usw. aufgesteckt. Solche Steckersysteme gibt es auch, leider nicht ganz so häufig, mit 2 mm Abstand (Pitch) und somit ziemlich genau passend für unser Problem (Bild 8). Besorgen Sie sich solch ein Pärchen (Stecker und Buchsenleiste), schneiden Sie einen Viererblock ab und fertig ist das Kontaktsystem. Die Buchse wird nach ein paar Biegevorgängen der Blechführung auf die Leiterflächen der Schieblehre aufgelötet (Bilder 9 und 10). Der Stecker wird am besten zunächst ebenfalls auf ein Stück Leiterplatte mit Leiterbahnen im 2 mm – Abstand gelötet. Abschließend wird dort zusätzlich ein passendes Kabel angelötet – fertig (Bild 11 und 12). Mit etwas Glück bekommen Sie die Mechanik so hin, daß man von außen nichts mehr sieht.



*Bild 8 Pfostenstecker und -buchse (2mm Pitch) Bild 9 Buchse eingelötet*



*Bild 10 In einer anderen Perspektive*



*Bild 11 Ein Eigenbaustecker*



*Bild 12 Schieblehre mit eingestecktem Kabel*

## 5. Die Schaltung

Mit diesem Wissen scheint nun alles sehr einfach zu sein – ein Pegelwandler hebt die Pegel von Takt und Datenanschluß auf TTL- (CMOS-) Niveau, der BASIC-Tiger wird schon einen Befehl kennen, mit dem man 24 bzw. 48 Bits seriell einlesen kann...

Wieder mal aber liegt das Problem im Detail. Es zeigt sich schnell, daß eine Pegelwandlung wegen der aus Stromspargründen sehr hochohmigen Ausgänge der Schieblehre nicht so einfach ist. Weiterhin gibt es (bisher!) bei der vorgegebenen Frequenz keine Möglichkeit der synchronen seriellen Datenübertragung in den Tiger. Kommerzielle oder Bastlerlösungen benutzen meist einen eigenen Mikro-Controller (PIC) zur Konvertierung in ein normales RS232-Protokoll, eine eindrucksvolle Lösung von Kevin Timmerman ist auf:

<http://www.pcmx.net/gauge/>

zu finden. Allerdings ist man bei einer solchen Variante immer auf einen programmierten PIC angewiesen – wir wollen versuchen, es mit Standard-Logikbausteinen zu schaffen. Die Intelligenz liegt dann im Tiger.

Unser Konzept dazu ist folgendes:

Ein 6-fach-CMOS-Inverter CD4049 als erste Stufe bildet einen AC-gekoppelten linearen Verstärker, der die Pegel von Clock und Data zunächst einmal reichlich verdoppelt. Leider funktioniert diese erste Stufe nur sicher bis zu einer Betriebsspannung von ca. 3,5 V. Diese wird mit einem Spannungsteiler 1,5 k $\Omega$  und 820  $\Omega$  sowie einem Elko realisiert. Zur besseren Pegelanpassung verwenden wir danach einen HCT7400 an 5 V, der aus den 3,5 -V-Pegeln für die folgenden ICs ausreichend hohe und saubere Signale zu macht und die Datensignale zusätzlich negieren kann. Mit diesen beiden Schaltkreisen haben wir nun die Signale Clock 1 und Data auf „normalem“ Niveau. Wie aber bekommen wir diese in den BASIC-Tiger? Mit folgender Idee lösen wir das Problem:

Mit dem eigenem schnellen Clock 1 des Meßschiebers transportieren wir die Daten zunächst in ein Schieberegister, um sie dann in der langen „Sendepause“ mit einem langsamen bzw. vom BASIC-Tiger vorgegebenen Clock 2 wieder auszugeben und dort einzulesen. Dieser Clock 2 wird über den SHIFT\_IN-Befehl an L81 selbst erzeugt und die Daten an L80 damit übernommen. Mit diesem Trick sind wir unabhängig von dem für den BASIC-Tiger zu schnellen Takt und können gleichzeitig auf simple Weise eine Synchronisierung erreichen.

Diese Lösung setzt voraus, daß es einen Schaltungsteil gibt, der die Pausen der Schieblehre sicher erkennt. Wir machen das mit einem Mono-Flop CD4538, das sofort beim ersten L/H-Übergang des originalen Clock-Signals aktiviert wird. Jeder weitere Impuls triggert das Mono-Flop nach, erst nach der letzten L/H-Flanke beginnt die eigentliche, durch R und C bestimmte Impulszeit des Mono-Flops. Lange genug nach dem Impulspaket kippt es dann wieder zurück. Dieses Signal schaltet nun den Weg für die beiden Clocks um. Der Umschalter für die beiden Clocks ist ein Analogschalter CD4066. Wenn Impulse vom Meßschieber kommen, werden diese durchgelassen, wenn keine mehr kommen, übernimmt nach einer gewissen Pause der Clock 2 vom BASIC-Tiger das Weiterschleichen der Daten. Das Umschaltsignal aus dem Monoflop wird mit L82 überwacht. Wenn L82 low wird, beginnt der BASIC-Tiger mit dem Einlesen der Daten aus dem Schieberegister.

Als Schieberegister benutzen wir einen HCF4571, mit dem Bit-Längen von 16, 32, 48 oder 64 realisiert werden können. Die 48 Takte des Meßschiebers schieben dessen Daten hinein und weitere Takte vom BASIC-Tiger, diesmal mit anderen zeitlichen Parametern, schieben sie dann am Ende wieder heraus. Durch eine geeignete Anzahl von BASIC-Tiger-Takten (wir wählen einfach 100) kann erreicht werden, daß das ganze Schieberegister mit bzw. nach dem Auslesen komplett geleert wird.

Ähnlich wie die Spannungsversorgung des ersten Verstärker-ICs kann mit einem weiteren Spannungsteiler die Schieblehre fremdversorgt werden (1,55 V). In Anwendungen, bei denen die Schieblehre dauerhaft mit dem BASIC-Tiger verbunden ist, macht das Sinn. Allerdings sollte im Falle der externen Spannungsversorgung die Batterie herausgenommen werden.

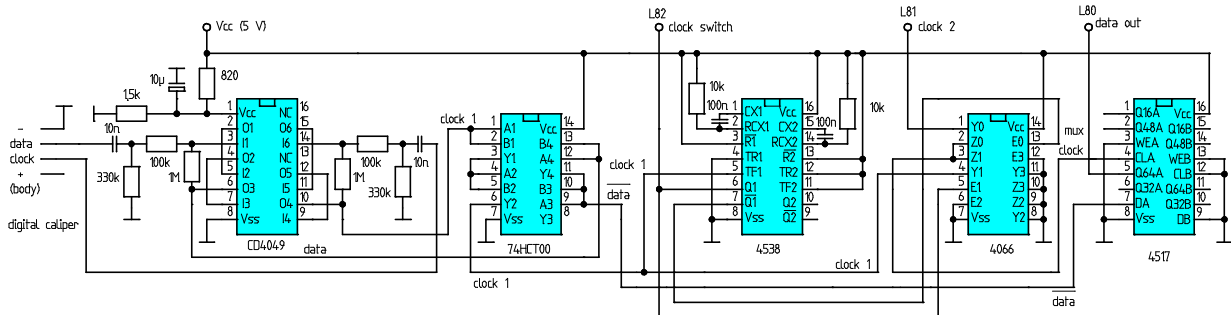


Bild 13 Schaltung zum Auslesen eines digitalen Meßschiebers

## 6. Ein einfaches Ausleseprogramm

Der letzte Teil unseres Projektes ist das BASIC-Tiger-Programm SCHIEB\_01.TIG, das mit einem SHIFT\_IN-Befehl die im Schieberegister befindlichen Bits herausschiebt und sie in einer Variablen sammelt. Das Programm realisiert über die Abfrage des Pegels an L82 die zeitlich richtige Steuerung der beiden Takte Clock 1 und 2 sowie die Auswertung der eingelesenen Daten (z.B. Umrechnung in mm oder inch – L83 high oder low). Auf dem wie üblich angeschlossenen LC-Display oder über die serielle Schnittstelle SER1 mit einem Terminalprogramm am PC können Sie die Meßwerte darstellen.

Das ausführlich kommentierte Programm erklärt sich weitgehend selbst, so daß hier auf detaillierte Erläuterungen verzichtet wird.

Wenn alles fertig und angeschlossen ist, bleibt die Frage, was unser System nun für Vorteile bietet. Immerhin kann der Meßschieber selbst auch alles anzeigen, Meßwerte in mm oder inch ausgeben usw. Folgende zusätzliche Möglichkeiten sollen Sie animieren, einfache Programm-Variationen auszuprobieren:

- Meßwerte können jetzt ausgedruckt oder gespeichert werden
- Der zeitliche Verlauf kann aufgezeichnet werden
- Maxima, Minima, Mittelwerte, Streuungen und andere statistische Daten können auf einfache Weise ermittelt werden (drehen Sie einfach eine Welle langsam zwischen den Backen durch und Sie bekommen automatisch Maximum und Minimum...)
- Wie wäre es, digitale Meßschieber als Wegsensoren zu benutzen (z.B. an der Hobbydrehbank...)
- Ausgabe von Meßwerten in beliebigen Einheiten
- Akustische Signale bei Überschreitung von Grenzwerten (Gut / Schlecht Erkennung ohne hinzuschauen!), sogar eine gesprochene Meßwertausgabe ist möglich...

Der Autor ist gespannt auf Ihre völlig neuen Anwendungen mit dem Meßschieber – viel Erfolg!