
Datenübertragung mit Laserpointer

Gunther Zielosko

1. Einführung

Welchen Bastler interessieren Laserstrahlen nicht? Laser-Geräte haben etwas von Science-Fiction und sind auch heute noch ein wenig geheimnisvoll, trotzdem nicht ganz ungefährlich. Zudem waren sie bis vor einigen Jahren zum Experimentieren zu teuer. Mit dem Erscheinen der Laserpointer, die eigentlich mehr ein Spielzeug als ein ernsthaftes Instrument sind, hat sich die Situation grundlegend verändert. Nun kann auch der technisch interessierte Bastler seine kleine Lasershow und interessante Meßgeräte bauen, aber auch Datenübertragung mit Laserstrahlen über größere Entfernungen realisieren. Dieser Applikationsbericht gibt dazu einige Anregungen. Wir werden sehen, daß man durch den BASIC-Tiger mit einem Laserpointer mehr anfangen kann, als es zunächst scheint.

Im vorliegenden Applikationsbericht werden wir Daten vom BASIC-Tiger über einen Laserstrahl zum PC übertragen, das könnte z.B. für ein entferntes Datenerfassungssystem oder eine Alarmanlage genutzt werden.

2. Gefahrenhinweise

Bevor wir einen Laserpointer in Betrieb nehmen, sollten wir uns ernsthaft mit den von einem solchen Gerät ausgehenden Gefahren beschäftigen. Bei allen Experimenten müssen diese Gefahren für uns selbst, aber auch unbeteiligte Dritte (achten Sie besonders auf Kinder !!) ausgeschlossen werden.

Was macht Laserpointer so gefährlich? Laserstrahlen zeichnen sich durch ihre extreme Bündelung aus, was ihren eigentlichen Vorteil (große Reichweite, wenig Verluste) ausmacht. Zusätzlich ist die Umsetzung von elektrischer in optische Strahlungsenergie bei Diodenlasern sehr effektiv. Die hohe Strahlungsintensität am Auftreffpunkt ist andererseits eine Gefahr für die Netzhaut des Auges. Hier wird diese Strahlung in Wärme verwandelt und die Netzhaut unter Umständen geschädigt.

Deshalb werden Laser entsprechend einer Europäischen Norm nach ihrer Strahlungsstärke in Laserklassen eingeteilt. Für Laser-Pointer gelten die Klassen 1 und 2 als unbedenklich. Der Gebrauch von Lasern der Klassen 3A, 3B und 4 kann zu irreparablen Augenschäden führen. Für den Einsatz von Laser-Pointern als optische Zeigestäbe und im Hobby- und Freizeitbereich sind die Geräte der Klasse 1 oder 2 völlig ausreichend.

Die Tabelle 1 zeigt diese Klasseneinteilung:

Laser-klasse	Ausgangsleistung	Beschreibung der Laser-Klassen
1	< 25 µW	Laser mit sehr geringer Leistung, die eine Wellenlänge im sichtbaren Lichtbereich haben und deren Strahlungsleistung die angegebene Grenze nicht übersteigt. Diese Laser sind bei Beachtung der Betriebsanleitung als sehr sicher anzusehen. <u>Hinweisschild:</u> LASER KLASSE 1
2	< = 1 mW	Laser mit einer Strahlungsleistung bis 1 Milliwatt, die sichtbares Licht aussenden. Der Schutz des Auges wird normalerweise durch die Abwendungsreaktion einschließlich des Lidschlußreflexes gewährleistet. <u>Warnhinweise:</u> LASERSTRAHLUNG - NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN - LASER KLASSE 2
3A	1 - 5 mW und < = 25 W/m ²	Laser mit einer Strahlungsleistung von 1 bis 5 Milliwatt, deren Bestrahlungsstärke 25 Watt/qm nicht übersteigt. Der Schutz des Auges wird noch durch die Abwendungsreaktion und den Lidschlußreflex gewährleistet. Der direkte Blick durch optische Hilfsmittel wie z.B. Ferngläser, Fernrohre, Mikroskope kann gefährlich sein . <u>Warnhinweise:</u> LASERSTRAHLUNG – NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN - AUCH NICHT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN – LASER KLASSE 3A
3B	5 - 500 mW	Laser mit einer Strahlungsleistung von 5 bis 500 Milliwatt. Ein direkter Blick in den Laserstrahl kann gefährlich sein . In der Nähe des Laserstrahlaustritts ist es immer gefährlich . <u>Warnhinweise:</u> LASERSTRAHLUNG – NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN - LASER KLASSE 3B
4	> 500 mW	Laser mit hoher Leistung, auch die diffusen Reflexionen können gefährlich sein, Verletzungen der Haut verursachen und zu Brandgefahren führen. Die Laser werden nur im industriellen Bereich angewendet. Ihre Anwendung erfordert äußerste Vorsicht . <u>Warnhinweise:</u> LASERSTRAHLUNG – BESTRAHLUNG VON AUGES ODER HAUT DURCH DIREKTE ODER STEUSTRABLUNG VERMEIDEN - LASER KLASSE 4

Tabelle 1 Einteilung von Lasern nach ihrer Gefährdungsklasse

3. Der Laserpointer

Laserpointer gibt es in vielfältiger Form, in verschiedenen Preisklassen und mit unterschiedlichem Gefährdungspotential. Wir sollten für unsere Experimente nach Möglichkeit ein Exemplar wählen, das zumindest die deutschen Sicherheitsanforderungen erfüllt, die Laserleistung muß dafür unter 1 mW liegen (maximal Laserklasse 2, besser Klasse 1). Billigangebote aus Fernost sollten wir meiden, sie haben oft deutlich mehr Laserleistung, was zwar mehr „Effekt“ macht, aber auch gefährlicher ist.

Wenn wir das gute Stück dann haben, sieht es vielleicht aus wie auf Bild 1.

Für unsere Experimente müssen wir das Gerät zwar nicht unbedingt auseinandernehmen, trotzdem kann man auf Bild 2 einmal sehen, wie es innen aussieht. Man erkennt die drei Knopfzellen, die die Schaltung mit 4,5 V versorgen, eine kleine Leiterplatte mit dem Einschalter und einigen wenigen Elektronikbauteilen sowie die meist in ein Messingteil eingepreßte Laserdiode. Dieser Messingblock liegt meist am Pluspol der Batterie, die negative Spannung wird über die kleine Feder am Ende der Leiterplatte zugeführt. Wer möchte und es sich zutraut, kann den Laserpointer nun auseinandernehmen und nur die eigentliche Elektronik für die Experimente verwenden. Besser ist es aber, wenn man den Laserpointer so läßt, wie er ist (dann kann man ihn auch bei Bedarf wieder als Laserpointer benutzen). Für unsere Arbeiten müssen wir lediglich folgende Modifikationen vornehmen:

- Der Einschalter muß dauerhaft eingeschaltet sein
- Die Spannungsversorgung muß von außen erfolgen (also nicht über die Knopfzellen)

Bei der Variante mit komplett demontiertem Laserpointer kann man die Kabel für die Stromversorgung einfach anlöten und den Schalter überbrücken (Bilder 3 und 4). Beides geht aber auch „von außen“. Der Einschalter kann mit einem passenden Ring um den Laserpointer so festgeklemmt werden, daß dieser immer eingeschaltet ist. Die Spannungsversorgung wird mechanisch über den „Batteriedeckel“ zugeführt. Das Gehäuse und damit auch der Deckel selbst ist in der Regel der Pluspol, der Minuspol wird in geeigneter Form isoliert durch diesen Deckel hindurchgeführt und im einfachsten Fall mit der Feder auf der Leiterplatte verlötet. Wer es komfortabler haben möchte, baut sich einen Kunststoffzylinder mit gleichen Abmessungen wie die drei hintereinandergeschalteten Knopfzellen mit durchgehendem, isoliertem inneren Minuskontakt (Bild 5). Dieser drückt dann beim Einschrauben des Deckels am Ende auf die Feder und gewährleistet die Stromversorgung.



Bild 1 ein typischer Laserpointer...



Bild 2 ...und sein „Innenleben“

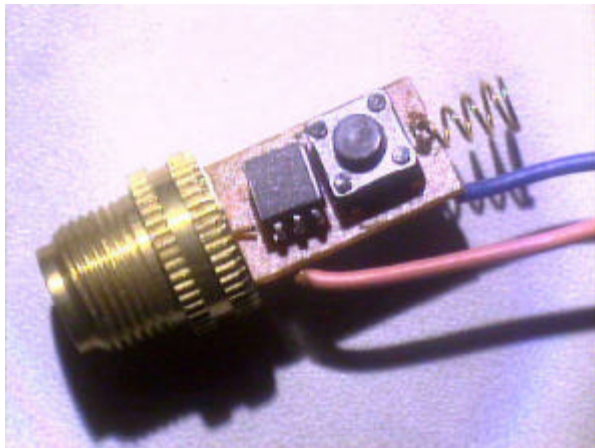


Bild 3 Die obere Seite der Leiterplatte mit Einschalter und Reglerbaustein

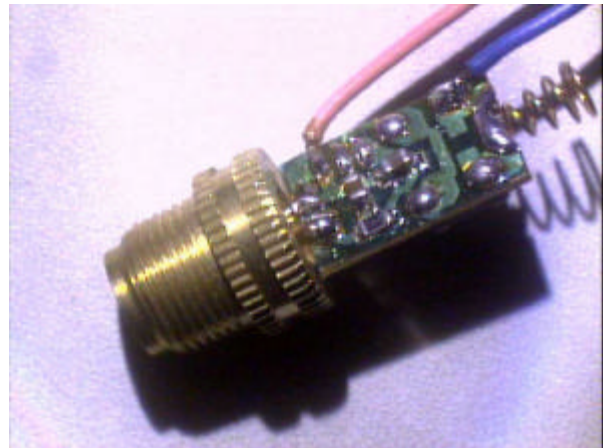


Bild 4 Die untere Seite der Leiterplatte mit einigen Komponenten (Widerstände, Kondensatoren) der Reglerschaltung

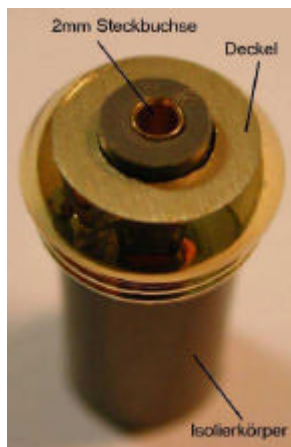


Bild 5 „Batterieadapter“ mit externem Minuspol



Bild 6 modifizierter Laserpointer mit externer Spannungsversorgung

Soweit die Modifikationen am fertigen Laserpointer. Wir haben jetzt ein Modul, das über zwei Leitungen extern mit Strom versorgt werden kann, der Original-Laserpointer wird mit 4,5 V betrieben, der Strom liegt bei etwa 20 – 30 mA. Noch ein paar Worte zur Funktion der internen Reglerschaltung. Sie muß bei unterschiedlichem Ladezustand der Batterien einen genau definierten Strom liefern, der zum sicheren Betrieb der Laserdiode unbedingt erforderlich ist. Hier sollte man auf keinen Fall etwas ändern. Die Reglerschaltung gewährleistet auch problemlos einen Betrieb mit 5 V, was uns bei Ansteuerung durch den BASIC-Tiger sehr entgegenkommt. Zum Schutz der empfindlichen Laserdioden befinden sich meist einige Kondensatoren in der Reglerschaltung. Diese bestimmen im wesentlichen die Schnelligkeit des Ein- und Ausschaltens des Laserstrahles, das hat Bedeutung für die im weiteren Verlauf geplanten Experimente. Je schneller diese Schaltvorgänge im jeweiligen Laserpointer-Exemplar ablaufen, desto höher ist die erreichbare „Modulationsfrequenz“ unseres Bausteines, möglicherweise ein Feld für erfahrene Bastler.

Wir wollen die serielle Schnittstelle SER1 des BASIC-Tigers für die Datenübertragung nutzen. Das bietet sich an, da hier bereits der gesamte Software-Hintergrund der Kommunikation zur Verfügung steht. In unserem Falle handelt es sich um eine einseitige Datenübertragung vom BASIC-Tiger zum PC, also nicht um einen „Dialog“ wie bei einer echten Kommunikation, sondern um einen „Monolog“ des BASIC-Tigers, der vom PC nur „abgehört“ wird. Trotzdem kann auch eine solche Daten-Einbahnstraße sehr nützlich sein.

Nun muß die Hardware an die Bedingungen der Laser-Datenübertragung angepaßt werden. Wir brauchen auf der BASIC-Tiger-Seite eine Schaltung, die im Takt der seriellen Datenübertragung den Laser-Pointer ein- und ausschaltet. Auf der PC-Seite muß das Laserlicht in entsprechende elektrische Signale umgesetzt werden. Als besondere Herausforderung werden wir versuchen, am PC ohne externe Spannungsquelle auszukommen, was in der Praxis eine Nutzung der Laser-Datenübertragung erheblich vereinfacht.

4. Die Empfängerschaltung

Am Eingang des Empfängers befindet sich ein Spannungsteiler, der aus einem Phototransistor und einem Widerstand gebildet wird. Je nach optischen Verhältnissen ist der Widerstand so abzugleichen, daß am Ausgangspunkt des Spannungsteilers ein Potential nahe 0 V gemessen wird, wenn der Laserstrahl auf den Chip trifft und ein Potential nahe 5 V, wenn der Laserstrahl ausgeschaltet wird. Das muß auch bei Fremdlichteinfall noch funktionieren, d.h. der Phototransistor ist gut gegen Tages- oder Lampenlicht abzuschirmen (ggf. ein längeres Rohr vorsetzen). Von diesem Punkt aus geht es weiter auf die Eingänge eines CD4093 (CMOS-NAND-Gatter mit Schmitt-Trigger-Eigenschaften). Dieser Schaltkreis erzeugt aus den „weichen“ Übergängen von Low nach High und umgekehrt immer steile Flanken. Ein weiteres Gatter negiert den Pegel wieder. Das Ausgangssignal muß nun noch für die direkte Ankopplung an den PC auf RS232-Pegel umgesetzt werden, das kennen wir schon vom Plug-and-Play-Lab. Die RS232-Schnittstelle braucht als logischen Pegel nicht 0 V bzw. 5 V, sondern – 3 bis – 15 V bzw. + 3 bis + 15 V. Ein Schaltkreis MAX232 erledigt das für uns, er erzeugt auch aus einer + 5 V – Quelle die benötigte positive und negative Betriebsspannung für sich selbst.

Genau hier gibt es ein Problem. Zum Betrieb unserer Datenübertragung müßten wir an der PC-Seite noch eine Spannungsquelle haben. Ein Trick hilft uns weiter – wir gewinnen +5 V aus den Signalen der seriellen Schnittstelle des PC. Die beiden Pins 4 und 7 der 9-poligen SUB-D-Buchse liefern im Empfangsbetrieb des PC jeweils ca. + 11 V, belastbar mit einigen mA. Die beiden Dioden lassen nur die positive Spannung durch, die mit der 5 V – Zenerdiode auf + 5 V begrenzt wird. Zusammen mit dem 22 µ - Elko ergibt das ein kleines Netzteil, das für den Betrieb der Eingangsstufe, des CD4093 und des MAX232 ausreicht. Etwas problematisch wird das Ganze bei einem Laptop und beim Plug-and-Play-Lab, hier liefert die RS232-Schnittstelle unter Umständen deutlich weniger Spannung, d.h. die Schaltung könnte eventuell nicht mehr funktionieren. In diesem Falle muß dann der Empfänger wirklich eine externe 5 V – Versorgung bekommen! Die gesamte Empfänger-Schaltung zeigt Bild 7.

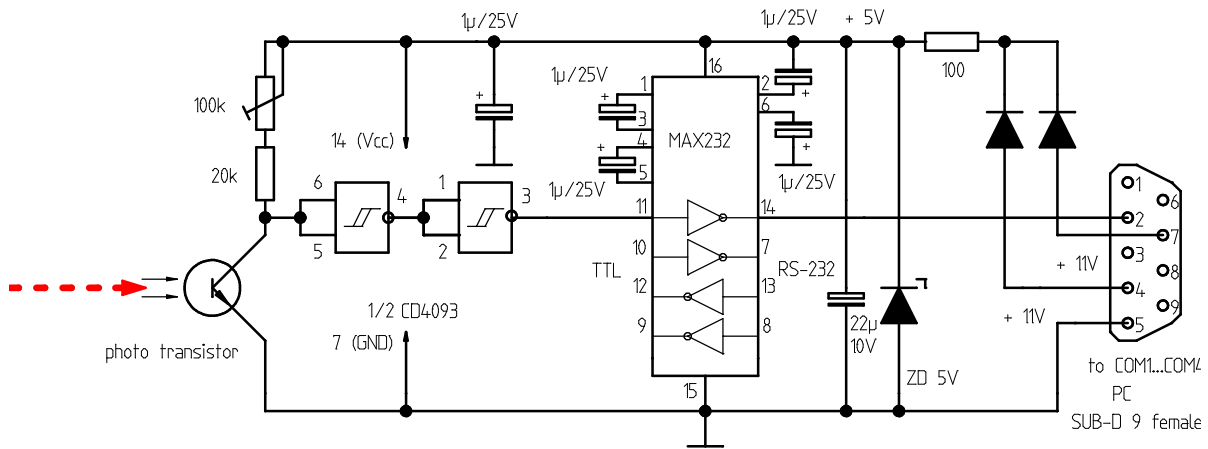


Bild 7 Schaltung des Laserempfängers

5. Die Senderschaltung

Auf der Senderseite gibt es nicht so viel zu tun. Wir brauchen eine einfache Schaltung, die vom Sendesignal TxD1 ausgehend den Laserpointer ein- bzw. ausschaltet. Nun gibt es BASIC-Tiger mit TTL-Pegeln (die einfacheren Modelle) und andere mit RS232-Pegeln (mit eingebauten RS232-Konvertern) an den seriellen Schnittstellen. Eine einfache Transistor-schaltung für die universelleren RS232-Pegel zeigt Bild 8. Damit können sowohl BASIC-Tiger mit RS232-Konverter als auch das Plug-and-Play-Lab den Laser-Pointer schalten. Für Lösungen mit BASIC-Tiger ohne RS232-Konverter muß eine weitere Transistorstufe vorgesetzt werden, die das Signal dann invertiert. Das Ganze wird direkt an einen 9-poligen SUB-D-Stecker montiert und mit dem Plug-and-Play-Lab verbunden.

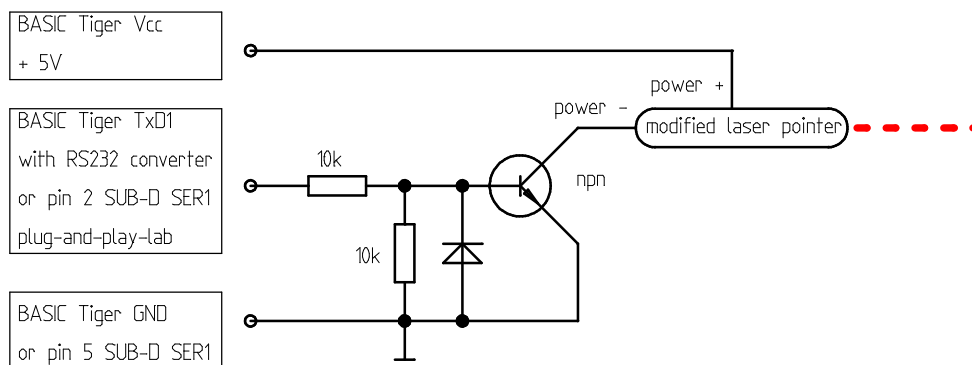


Bild 8 Senderschaltung

6. Betrieb

Sind Empfänger und Sender aufgebaut, sind zunächst einige Tests sinnvoll.

- Zunächst sollte auf der Senderseite überprüft werden, ob sich der Laser ein- und ausschalten läßt. Dazu benutzen wir das Programm „LASER01.TIG“, bei dem Zeichen langsam über die serielle Schnittstelle SER1 ausgegeben werden. Dabei sollte der Laserstrahl sichtbar flackern. In den Sendepausen sollte der Laserpointer ausgeschaltet sein.
- Danach wird der Empfängerteil mit dem PC verbunden. Das PC-Programm TERMINAL.EXE dient zur Einstellung der Schnittstellenparameter (COM1 bis COM4, Baudrate, Datenbits, Startbits, Stopbits usw.). Das Programm ist Bestandteil von Windows 3.1 und kann auch unter Windows 95/98 betrieben werden. Nach Aufruf des Programms können mit -> Einstellungen -> Datenübertragung alle wesentlichen Parameter eingestellt werden. Bild 9 zeigt dies beispielhaft, 300 Baud als Übertragungsrate sind für erste Tests am besten geeignet. Mit „OK“ werden die eingestellten Werte übernommen und das Programm wartet nun auf Daten an der ausgewählten COM-Schnittstelle des PC.
Als nächstes wird der „flackernde“ Laserstrahl auf den Phototransistor des Empfängers gerichtet. Wenn alles klappt, sollte nun das Terminalprogramm laufend Text ausgeben (Bild 10).
- Alternativ zu dem Test mit TERMINAL.EXE auf dem PC kann man die Kommunikation auch mit dem Plug-and-Play-Lab allein ausprobieren. Dazu ist die Empfängerschaltung an SER0 anzuschließen. Hardwareseitig ist dazu ein Adapter notwendig, da unser Empfänger für den PC-Betrieb mit einer 9-poligen SUB-D-Buchse ausgestattet ist, das Plug-and-Play-Lab aber ebenfalls. Der Adapter besteht aus zwei 9-poligen SUB-D-Steckern, die so verdrahtet werden, daß mit Ausnahme der Pins 2 und 3 alle gleichnamigen Pins direkt (also 1 an 1 usw.) die beiden genannten Pins aber über Kreuz verbunden werden (jeweils 2 an 3). Zusätzlich ist bei Betrieb mit dem Plug-and-Play-Lab die Versorgungsspannung +5 V extern an unsere Empfängerschaltung zu legen!
Das o.a. Programm LASER01.TIG steuert nicht nur den Sender über SER1 an, sondern empfängt Daten auch an SER0 und zeigt sie auf dem Display an.

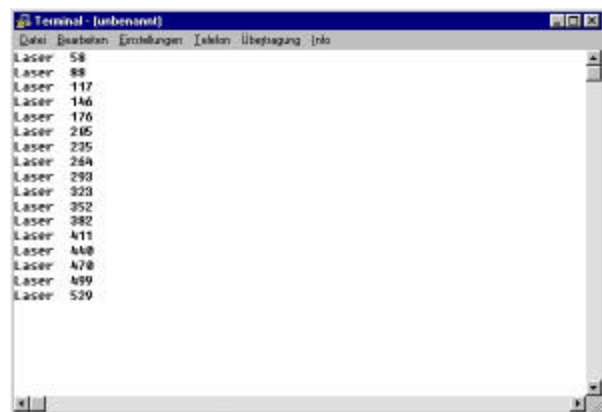
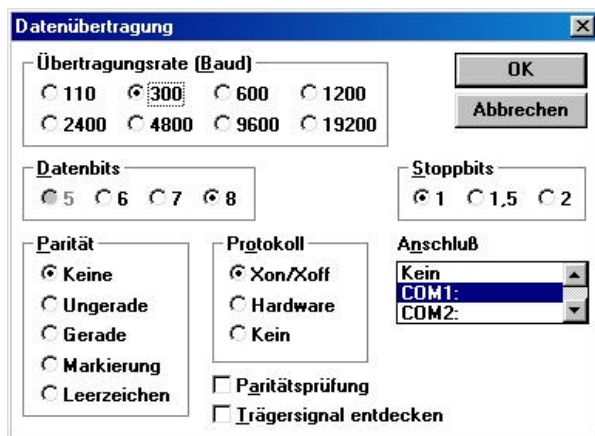


Bild 9 Einstellung der seriellen Schnittstelle am PC *Bild 10 ...es hat geklappt, der erste Text wurde übertragen*

Wenn die Tests mit 300 Baud erfolgreich waren, kann man nun schrittweise die Datenrate erhöhen und sich an die obere Übertragungsfrequenz heranarbeiten (nicht vergessen, die Baudrate muß in beiden Programmen geändert werden!).

Im praktischen Betrieb müssen Sender und Empfänger gut aufeinander ausgerichtet und gegen Fremdlicht abgeschirmt werden. Dies ist dank der guten Sichtbarkeit des Laserpunktes auch auf große Entfernungen relativ einfach, ganz im Gegensatz z.B. zu Infrarot-Lichtschranken. Je nach optischen Gegebenheiten ist es eventuell sinnvoll, auf der Empfängerseite eine Sammellinse zur noch besseren Bündelung zu verwenden. Zur stabilen Justierung des Senders haben sich die aus der Fotografen-Praxis bekannten Kugelköpfe bewährt.

7. BASIC-Tiger-Software

Zur Erprobung der Übertragungsstrecke wurde eine modifizierte Variante des zum Lieferumfang von TIGER-BASIC 5.0 gehörenden Applikationsprogramms SER1_DEM.TIG benutzt, das den Namen LASER01.TIG trägt. Das Programmlisting befindet sich als Datei bei diesem Applikationsbericht.

Viel Spaß beim Experimentieren!