

Eigentlich sollen Computer ja intelligent sein. Warum soll sich unser C64 dann nicht auch selbst testen? Mit Hilfe seitens der Hard- und Software stellt er sich selbst eine Diagnose.

Folge 5

Erste Hilfe für die Hardware



von Nikolaus M. Heusler

Spätestens, wenn er den Geist aufgibt, sorgt man sich um das Innenleben des Computers. Manchmal genügt es, einen Chip auszutauschen. Welcher das ist, läßt sich leicht mit Hilfe einer Selbsttestroutine feststellen, die Komponenten des Rechners auf Funktionsweise prüft. »DOC64«, der Name leitet sich von »Doctor 64« ab, enthält ungewöhnlich komplexe Testroutinen, die wirklich jede erdenkliche Funktion genauestens prüfen. Neben dem obligatorischen RAM- und ROM-Test (dabei werden sogar verschiedene Kernel-Versionen berücksichtigt und ggf. die Chip-Nummer des defekten RAMs angezeigt) prüft DOC64 auch den Prozessor 6510, den Soundchip SID, den Videobaustein VIC, die beiden »Eingabeagenten« (CIAs) und mit deren Hilfe das gesamte System-Timing sowie unter Zuhilfenahme von »Dongles« einige Schnittstellen. Insgesamt muß der 64er über 30 Tests durchlaufen, bevor er sich selbst wieder für funktionstüchtig erklärt oder zeigt, wo der Schwachpunkt liegt.

Bevor der Test gestartet werden kann, müssen erst ein paar Dongles hergestellt werden. Damit der C64 die Schnittstellen testet, bedarf es einiger Stecker am User-Port, Kassetten-Port und die beiden Joystick-Ports (Control-Ports). Die drei Dongles können Sie selbst nach dem Schaltplan nachbauen. Für den seriellen Port wird kein Dongle benötigt, da hier im Computer bereits die Voraussetzungen erfüllt sind. Sie können DOC64 aber auch völlig ohne Zusatzhardware betreiben, allerdings werden

dann die Schnittstellentests negativ ausfallen.

DOC64 kann von Diskette geladen und dann im RAM gestartet werden, ist aber auch als EPROM auf einer Karte im Expansion-Port lauffähig. Bevor wir auf die allgemeinen Programmfunktionen eingehen, soll daher zunächst die Installation im RAM oder EPROM beschrieben werden.

Laden Sie das Programm mit
LOAD "DOC 64 \$8000",8,8

Zum Start des »Doktors« gibt es drei Möglichkeiten:

1. Mit SYS 64738 oder
2. einem Reset-Taster wird ein Reset ausgelöst, der das Programm aktiviert.
3. Sie können zum Start nach dem Laden aber auch die Restore-Taste betätigen.

Diese Methode kann versagen, wenn RAMs oder die serielle Schnittstelle oder auch einfach das Diskettenlaufwerk einmal defekt sind. Für diesen Fall empfehlen wir Ihnen, DOC64 auf ein EPROM vom Typ 2764 oder 27128 zu brennen und dann auf einer Expansion-Port-Karte zu betreiben.

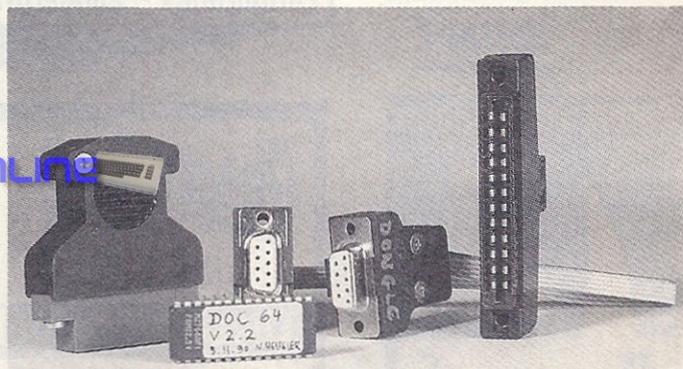
Brennen Sie das unveränderte File "DOC64 \$8000" (Startadresse: \$8000) mit einem geeigneten EPROM-Brenner auf ein EPROM. Bei Verwendung des Typs 27128 achten Sie darauf, daß das File in beiden 8-KByte-Banks des Bausteins liegt, damit es auch sicher von der Karte im GAME-Bereich des Computers (\$8000-\$9fff) eingeblendet wird. Nach einer Kontrolle des EPROM-Inhalts stecken Sie dieses in die Karte, schalten sie ein und stecken sie bei ausgeschaltetem C64 in den Expansion-Port. Wenn Sie jetzt den Rechner einschalten, startet das Programm automatisch.

Entfernen Sie vor dem Test alle Soft- und vor allem Hardwareerweiterungen vom Computer, insbesondere geänderte Betriebssysteme, Floppy-Speeder, Steckkarten in User- oder Expansion-Port (Ausnahme: die Steckkarte, auf der sich »DOC64« befindet), sowie Joysticks, Paddles oder sonstige Geräte in den Control-Ports. Gegebenenfalls sollten Sie am ausgeschalteten Computer die Dongles an User- und Kassetten-Port anschließen und erst dann den Rechner einschalten, das Programm la-

den bzw. starten. Achten Sie darauf, daß Ober- und Unterseite der Dongles nicht verwechselt werden, denn wir wollen den C64 ja testen, nicht zerstören. Am besten ist es, die Stecker mit »oben« und »unten« zu markieren. Da die Tastatur nicht mehr funktioniert, während das Control-Port-Dongle steckt, müssen Sie, falls Sie DOC64 von Diskette laden, erst das Programm einlesen und wie angegeben starten, und dann die beiden Stecker des Dongles in die Joystick-Ports stecken (sie können vertauscht werden).

Anmerkung: Falls beim RAM-Test Fehler gemeldet wurden, ist es aus technischen Gründen nicht ausgeschlossen, daß »DOC64« bei anderen Tests Alarm gibt, obwohl das entsprechende Teil einwandfrei funktioniert. Dies liegt daran, daß die meisten Testroutinen aus verständlichen Gründen nicht ohne RAM auskommen, und daher falsch funktionieren, falls das RAM nicht oder falsch arbeitet.

Da einige Tests in Form von Schleifen durchgeführt werden, oder eine Funktion über längere Zeit überwachen, dauert der ge-



Die Dongles finden für den Test der Ports (rechts: Userport, Mitte: Controlports, links: Kassettenport)

Der C64 wird in 33 Schritten getestet, die auf zwei Bildschirmseiten untergebracht sind. Zwischen beiden Seiten wird nach Aufforderung mit der Leertaste umgeschaltet. Unter der Titelzeile mit Programmname, Versionsnummer, Autor und Copyright-Vermerk stehen links die im Test befindlichen Komponenten. Rechts daneben wird nach dem Test der Vermerk »passed« in Grün eingetragen, wenn der Test positiv verlief, oder ein rotes »FAILED« (durchgefallen) bei erkanntem Fehler.

In einigen Fällen ist rechts daneben ein Kommentar zu sehen.

Nachdem alle Tests abgeschlossen sind, startet das Programm nach Tastendruck neu. So lassen sich auch Dauertests durchführen. Beenden können Sie »DOC64« in jedem Fall nur durch Abschalten des Rechners oder ggf. der Modulplatine, da ein Reset den Doktor ebenfalls neu startet. Bitte entfernen Sie, so vorhanden, die Karte aus dem Expansion-Port nur bei ausgeschaltetem Rechner!

samte Test einige Zeit. Seite 1 wird in ca. 37 Sekunden abgehandelt (am rechenintensivsten ist dabei der RAM-Test), bei Seite 2 dauert es je nach Anzahl der Versuche mindestens 18 Sekunden.

Kommen wir nun zu den einzelnen Tests. Beschrieben werden die Funktionen des Computers, die getestet werden, der Baustein, der bei negativem Test möglicherweise defekt ist (Typenbezeichnung und Position auf der Platine eines C64), das genaue Testverfahren und ggf. die Anzahl der Versuche, die der Test bei negativem Ergebnis durchgeführt wird, bis die »FAILED«-Meldung ausgegeben wird. Durch diese Toleranz werden Fehler nicht aufgeführt, die nur einmalig aufgrund von Hardwaretoleranz auftreten. Wenn nichts anderes angegeben ist, wird der Test nur einmal durchgeführt.

Ansonsten lassen alle Tests aber nur Toleranzen im Bereich von weniger als 1 Prozent durchgehen.

Bei den neuesten Modellen des C64 (»Aldi-C64«) nahm Commo-

dore umfangreiche Änderungen an der Platine vor, so daß bei diesen Modellen u.U. die Chipbezeichnungen nicht mehr stimmen. Der Test müßte aber auf allen Modellen eines voll funktionsfähigen C64 einwandfrei laufen.

Sie vor dem Test alle vorhandenen Erweiterungen entfernen. Sollte der Test trotz korrekter Seriennummer negativ ausfallen, überprüfen Sie, ob im Steckplatz U4 auf der Computerplatine das Original-Kernel-ROM (Typ 2364A, Seriennum-

(Wert: 1) aller 65536 Speicherzellen, U9 speichert Bit 1 (Wert: 2), U22 speichert Bit 2 (Wert: 4), U10 speichert Bit 3 (Wert: 8), usw., bis U12, welches Bit 7 (Wert: 128) speichert. »DOC64« speichert in alle Speicherzellen erst den Wert \$FF und prüft dann, ob das in dem momentan auf dem Prüfstand befindlichen Chip gespeicherte Bit gesetzt ist. Danach wird jedes Byte mit 0 beschrieben, darauf folgt ein Test, ob das untersuchte Bit gelöscht wird. Der Bereich \$0002-\$00ff wird von »DOC64« direkt geprüft, der Bereich \$0200-\$FFFF von einer im Stack ab \$0180 untergebrachten Routine. »DOC64« prüft demnach nicht die Speicherzellen 0 und 1, die beim C64 nicht als RAM verwendet werden können (Prozessor-Port), der Bereich \$0100-\$01ff wird erst später bei der Stack-Prüfung unter die Lupe genommen. Sollte sich herausstellen, daß ein Bit nicht gesetzt oder gelöscht werden kann, zeigt das Programm dies durch die Meldung »FAILED« neben dem vermutlich defekten RAM-Chip an. Dahinter erscheint noch die Adresse, an der der Fehler auftrat, in hexadezimaler Darstellung. Die RAMs werden nacheinander unabhängig voneinander getestet. Sollten mehrere RAM-Chips defekt sein, erscheint die Meldung »FAILED« bei ALLEN defekten Bausteinen. So erkennen Sie im Falle eines Falles gleich, welchen Chip Sie auswechseln sollten.

Auf dem C64 II stimmen die Chipbezeichnungen nicht, da hier das RAM in nur zwei ICs untergebracht ist.

Color-RAM

Für den Farbspeicher steht ein eigener statischer RAM zur Verfügung, der daher auch extra getestet werden muß. In die 1024 Speicherzellen, die je vier Bits speichern, wird nacheinander der Wert 10 und 5 (abwechselnd gesetztes und gelöscht Bit) geschrieben und durch Auslesen kontrolliert. Da die vier höherwertigen Bits (höheres Nibble) nicht vorhanden sind, erübrigt sich ein Test. Wird ein Fehler festgestellt, zeigt dies die Meldung »FAILED« an. Dann sollten Sie den Farb-RAM-Chip auf dem Steckplatz U6 durch einen neuen vom Typ 2114-2 austauschen.

ALU

Diese Abkürzung steht für »Arithmetical Logical Unit« und meint den Teil des Prozessors 6510, der für das Rechnen zuständig ist. Durch recht komplizierte Rechenoperationen werden die Befehle ADC, SBC (im Dezimal- und Binärmodus), AND, OR, EOR, LSR, ASL, ROR und ROL getestet. Tritt hier ein Fehler im Ergebnis auf, kann der C64 nicht mehr rechnen. In diesem sicher nur sehr selten auftretenden Fall muß der Prozessor 6510 (U7) ge-

gen einen neuen ausgewechselt werden.

JMP (\$xxx)

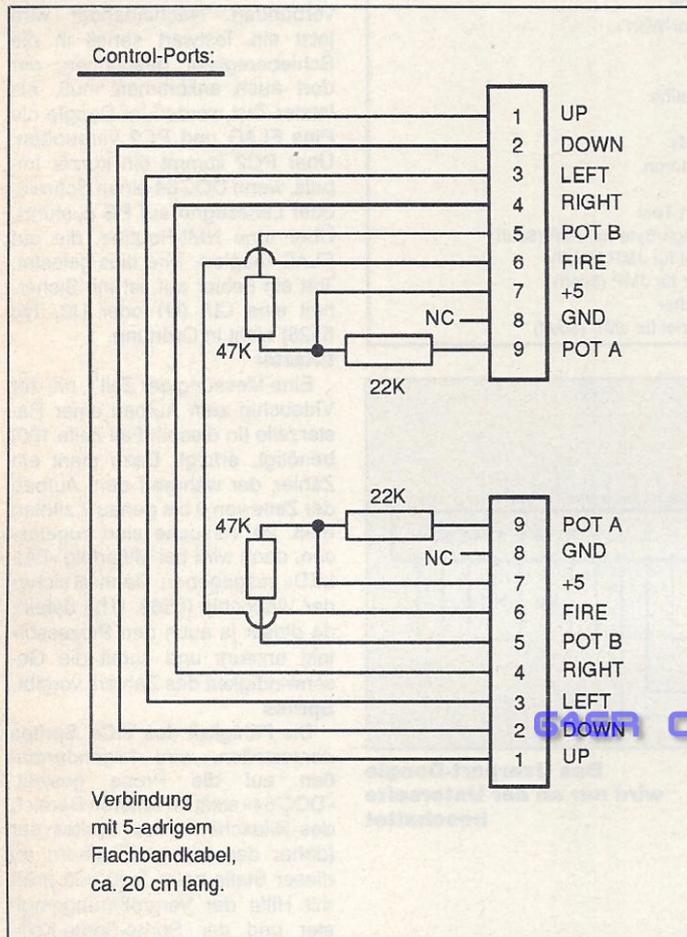
Bei diesem Test wird auch bei Ihrem Rechner mit ziemlicher Sicherheit »FAILED« ausgegeben. Warum? Der verwendete Prozessor 6510 enthält einen Maskierungsfehler, durch den indirekte Sprünge in Maschinensprache dann nicht richtig ausgeführt werden, wenn das Low-Byte der Speicherzelle mit der Sprungadresse den Wert \$ff hat. Beispiel: Kommt in einem Maschinenprogramm der Befehl JMP (\$53ff) vor, holt sich der Prozessor völlig zu Recht das Low-Byte der neuen Sprungadresse aus \$53ff. Bei der Ermittlung des High-Bytes vergißt er jedoch, den in diesem Fall auftretenden Übertrag zu berücksichtigen und holt das Low-Byte nicht aus \$5400, sondern aus \$5300. »DOC64« prüft, ob auch bei Ihrem C64 dieser Fehler vorhanden ist. Dazu wird ab \$ceff ein Sprung in eine Routine von »DOC64« generiert, an \$cf00 steht das High-Byte der ersten Routine, an \$ce00 das der zweiten. Die beiden Routinen beginnen an Adressen, die dasselbe Low-Byte haben (steht an \$ceff). Je nachdem, welche Routine der Prozessor ausführt, gibt »DOC64« entweder »passed« oder »FAILED« aus. Sorgen Sie sich nicht, wenn »FAILED« erscheint, es ist nicht notwendig, den Prozessor auszuwechseln, zumal auch ein neuer 6510 diesen Fehler hat. Sie sollten jedoch, falls Sie in Maschinensprache programmieren, den Befehl JMP (\$xxx) vermeiden, wenn nicht sichergestellt ist, daß das Low-Byte nicht an einer Adresse \$xxx steht. Für reine Basic-Programmierer ist dieser Mangel nicht von Bedeutung.

Stack

Da zuvor beim RAM-Test der Bereich \$0100-\$01ff (Stack) noch ausgespart wurde, erfolgt die Prüfung jetzt. Dazu legt das Programm einen ungefähr 252 Byte langen Teil von sich selbst (ab \$8000) auf den Stack (Befehl PHA), und holt ihn anschließend mit PLA wieder herunter. Dabei erfolgt ein Vergleich mit dem Original. Sollte hier ein Fehler auftreten (sehr unwahrscheinlich), ist der Prozessor defekt, falls zuvor keine RAM-Fehler erkannt wurden. Möglicherweise liegt auch ein Defekt auf der Platine (Bus) vor.

SID env.

Auf der zweiten Bildschirmseite wird der Hüllkurvengenerator der Stimme 3 des Soundchips SID einer Prüfung unterzogen. Das Programm erzeugt einen Ton der Wellenform »Dreieck« und mißt im Interrupt die Dauer der Release-Phase (Register 54300). Beträgt die Anzahl der Interrupts auch nach dem zehnten Versuch nicht genau 83, oder arbeitet der SID gar nicht, gibt »DOC64« die Meldung



So schalten Sie die Controlport-Stecker zusammen. Achten Sie auf Lötbrücken!

Auf dem C128 ist der Test in jedem Fall nur im 64'er Modus funktionsfähig.

Und nun die Tests im einzelnen:

Kernel-ROM

Zum Test des Betriebssystem-ROMs werden die Inhalte der Speicherzellen dieses Bausteins (\$E000-\$FFFF) addiert und die in einem Byte gespeicherte Summe mit dem Sollwert verglichen. Das Programm berücksichtigt, daß es beim C64 zwei verbreitete Kernel-Versionen gibt, die sich u. a. darin unterscheiden, daß beim Löschen des Bildschirms verschiedene Default-Zeichenfarben gesetzt werden. Anhand der Versionsnummer (steht in Adresse 65408) wird geprüft, welche Version vorliegt. Bei Version 0 lautet die Prüfsumme 11, bei Version 3 ist es die 10. Die Versionsnummer wird vom Programm hinter der Prüfmeldung mit angezeigt. Wurde eine andere Versionsnummer als 0 oder 3 gefunden, ergibt der Test immer »FAILED«, vor der Versionsanzeige stehen dann drei Fragezeichen. Deshalb sollten

mer 901227-01) sitzt. Wenn ja, ist dieses defekt.

Basic-ROM

Hier werden die Bytes des Basic-ROMs (\$A000-\$BFFF) addiert und mit dem Sollwert 86 verglichen. Ergibt der Test »FAILED«, ist das Basic-ROM (Typ 2364A, Seriennummer 901226-01, Steckplatz U3) im Computer defekt.

Font-ROM

Jetzt werden die Bytes des Zeichensatz-ROMs (\$D000-\$DFFF) addiert und mit dem Sollwert 248 verglichen. Ergibt der Test »FAILED«, ist das Character-ROM (2332A, 901225-01, U5) im Computer defekt.

RAM Uxx

In dieser Stufe werden die RAM-Speicherzellen des 64K umfassenden Speichers auf Funktionsfähigkeit geprüft. xx zeigt dabei den Steckplatz auf der C64-Platine an (xx=9-12 oder 21-24). Das RAM ist in acht dynamischen RAM-Bausteinen vom Typ 4164 (64 KBit) untergebracht und Bit-weise organisiert, d.h. U21 speichert Bit 0

»FAILED« aus. Dann sollten Sie einen neuen SID (6581, U18) in Erwägung ziehen, falls auch bei anderen Programmen Tonstörungen zu erkennen sind.

SID osc.

Nach dem Hüllkurvengenerator wird noch der Oszillator, der eigentliche Tongenerator der Stimme 3 einer Prüfung unterzogen. Das Programm generiert Töne in den Wellenformen »Rechteck«, »Sägezahn« und »Dreieck« und liest den Tongenerator über das Register 54299 aus. Bei »Rechteck« dürfen hier nur die Werte 255 und 0 auftreten. Bei »Sägezahn« bildet das Programm die korrekte Kurve (periodisch von 0 bis 255 ansteigend) künstlich nach und vergleicht sie mit dem tatsächlichen Ergebnis. Bei »Dreieck« (periodisch von 0 bis 255 an- und dann wieder auf 0 absteigend) darf die Differenz zwischen zwei benachbarten Meßwerten nur -2, -1, 1 oder 2 sein. Andernfalls erscheint nach 20 Versuchen die Fehlermeldung, und der SID 6581 (U18) sollte ausgetauscht werden.

SID Data

Die ersten 24 Register des SID sind »Write-Only-Register«. In sie kann zur Tonsteuerung ein Wert geschrieben werden, ein Auslesen der Speicherzellen 54272 bis 54296 führt bei einem intakten SID immer zum Ergebnis Null. Dies wird hier geprüft. Tritt ein von Null verschiedener Wert auf, stimmt etwas mit dem Soundchip nicht (U18, 6581).

A/D Conv.

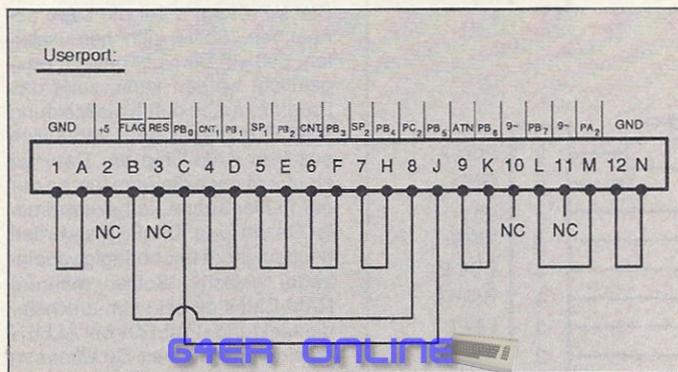
Hier werden die A/D-Wandler des SID getestet. Dazu muß der Dongle mindestens am Control-Port 1 angeschlossen sein. »DOC64« untersucht nur die Speicherzellen 54297 und 54298, die den Wert 24-25 oder 45-46 (Toleranz!) enthalten müssen. Stimmt etwas nicht, sollten Sie den Soundchip (U18) gegen einen neuen vom Typ 6581 austauschen, da er die Wandler enthält. Aber auch ein Fehler in der SID-Beschaltung ist denkbar. Die A/D-Anschlüsse an Port 2 werden bewußt nicht geprüft, da auch sie intern zum SID laufen. Fehlt der Dongle, meldet der Test »FAILED«.

CTRL-Ports

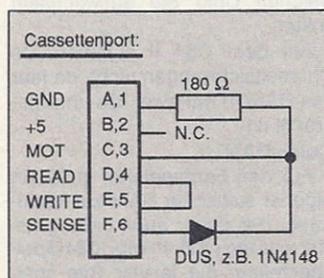
Hier werden die beiden Joystick-Ports getestet. Dazu muß der entsprechende Dongle an beiden Ports angeschlossen sein. Die fünf Leitungen (vier Richtungen und Feuer) werden erst an Port 1 auf Ausgang und an Port 2 auf Eingang geschaltet. Dann übermittelt das Programm auf diesem Weg von Port 1 zu Port 2 einige Testdaten, die originalgetreu ankommen müssen. Danach wird Port 2 auf Ausgang und Port 1 auf Eingang geschaltet und die Prozedur wiederholt. Tritt »FAILED« auf, tauschen Sie die CIA 1 (U1) gegen einen neuen Baustein Typ 6526 aus.

Speicherbelegung für »DOC64« in der Version 2.2 (hexadezimal):

0002-0003	IRQ-Zähler
0004	Prüf-Byte
0005	RAM-Nummer
00b5-00b6	temporärer Zeiger
00f7	Anzahl der Versuche
00f8	letzter SID-Oszillator-Wert
00f9	Versuchszähler
0100-01ff	Stack
0180-01c5	RAM-Test Unteroutine
01b7	Zweierpotenzen
8000-8fff	Programm »DOC64«
8000-8003	Reset/Restore-Vektoren
8004-8008	CBM80-Kennung
8009	Reset-Routine/Start Test
ce00	»Falle«: falsches High-Byte für JMP (\$ceff)
ce10	falsches Sprungziel für JMP (\$ceff)
ceff-cf00	korrekte Parameter für JMP (\$ceff)
cf00-cfff	SID-Oszillatorspeicher
cf10-cf12	korrektes Sprungziel für JMP (\$ceff)



Das Userport-Dongle wird nur an der Unterseite beschaltet



Cass.Port.

Obwohl selten für den eigentlichen Zweck (Datasette) benutzt, kann der Hardwarebastler auch mit dem Kassetten-Port einiges anfangen. Hier wird er mit Hilfe des Dongles getestet. Dazu setzt der Computer die Motorleitung auf bestimmte Prüfwerte, die über den Dongle an die Sense-Leitung weitergegeben werden. Über Speicherzelle 1 erfolgt die Prüfung. Stellt das Programm Unstimmigkeiten fest, fehlt entweder das Dongle oder der Prozessor (6510, U7), oder einer der Transistoren in der Port-Beschaltung (Q1 bis Q3) hat sich verabschiedet.

Serial-Port

Zum Test der Diskettenschnittstelle wird kein Dongle benötigt, da über ein Gatter-IC bereits wichtige Leitungen der Schnittstelle verbunden sind. Auch hier wird wieder wechselseitig durch Setzen bestimmter Werte und Prüfung, ob sie am Port wieder ankommen, die

DOC64 setzt PB6 kurzzeitig auf High und prüft, ob der C64 einen NMI auslöst (ATN-Leitung). Die nächsten Tests betreffen die Schieberegister, von denen je eines in jeder CIA eingebaut ist. Dazu werden die Steuerleitungen PB1 bis PB4 mit SP1, SP2 und CNT1, CNT2 verbunden. Nacheinander wird jetzt ein Testwert seriell in die Schieberegister geschoben, der dort auch ankommen muß. Als letzter Test werden im Dongle die Pins FLAG und PC2 verbunden. Über PC2 kommt ein kurzer Impuls, wenn DOC64 einen Schreib- oder Lesezugriff auf PB ausführt. Über eine NMI-Routine, die auf FLAG reagiert, wird dies getestet. Tritt ein Fehler auf, ist mit Sicherheit eine CIA (U1 oder U2, Typ 6526) nicht in Ordnung.

t/Raster

Eine Messung der Zeit t , die der Videochip zum Aufbau einer Rasterzeile (in diesem Fall Zeile 100) benötigt, erfolgt. Dazu dient ein Zähler, der während dem Aufbau der Zeile von 0 bis genau 7 zählen muß. 20 Versuche sind zugelassen, dann wird bei Mißerfolg »FAILED« ausgegeben. Dann ist sicher der Videochip (6569, U19) defekt, da dieser ja auch den Prozessorakt erzeugt und somit die Geschwindigkeit des Zählers vorgibt.

Sprites

Die Fähigkeit des VICs, Sprites darzustellen, wird folgendermaßen auf die Probe gestellt: »DOC64« stellt im unteren Bereich des Bildschirms drei Sprites dar (daher das leichte Flimmern an dieser Stelle beim Test) und prüft mit Hilfe der Vergrößerungsregister und der Sprite-Sprite-Kollisionserkennung, wann sich zwei Sprites überlappen. Anschließend wird für ein Sprite die Kollision mit einem Zeichen des Textbildschirms gepробt. Tritt eine Störung auf, meldet »DOC64« dies. Dann kann nur der Videochip (6569, U19) defekt sein, falls zuvor keine RAM-Störungen gemeldet wurden.

Raster-IRQ

Nun muß noch die Fähigkeit des VIC untersucht werden, IRQs auszulösen. Dazu wird ein Raster-IRQ bei Rasterzeile 100 programmiert. Erfolgt dieser, liest »DOC64« das Rasterregister aus und überprüft, ob auch wirklich Zeile 100 den Interrupt ausgelöst hat. Erfolgt der Raster-IRQ nicht innerhalb einer vorgegebenen Toleranzzeit (Zählung bis 65536), wurde der Test ebenfalls nicht bestanden. Es stehen 20 Versuche zur Verfügung. Erst nach deren Ablauf erscheint »FAILED«. In diesem Fall ist wahrscheinlich der VIC (6569, U19) in die ewigen Jagdgründe übergegangen, oder die Verbindungsleitung zwischen Prozessor und VIC ist defekt.

Timer-NMI

Die CIA 2 (\$DD00) wird so geschaltet, daß ihr Timer A von 65535

Funktionsfähigkeit unter die Lupe genommen. Bei »FAILED« können Sie davon ausgehen, daß entweder die CIA 2 (6526, U2) oder das Gatter-IC (U8, Typ 7406N bzw. M53206P) defekt ist.

User-Port

DOC64 prüft die acht frei definierbaren I/O-Pins des User-Ports (Port B), die gewöhnlich nicht benutzt werden (höchstens für die Kommunikation mit einer RS232-Schnittstelle, mit einem parallel angeschlossenen Drucker oder Eigenentwicklungen), sowie weitere User-Port-Funktionen. Auch hierzu muß der Dongle vorhanden sein, sonst wird »FAILED« angezeigt. Zunächst werden die Pins PA2 und PB7 sowie PB0 und PB5 zusammenschaltet. Je ein Anschluß der Paare dient als Ausgang, der andere als Eingang. Ähnlich wie oben beim Joystick-Port erfolgt der Test auch hier mit Test-Bits. Zum Test des ATN-Bits wird dieses mit PB6 verschaltet.