

Aufbau und Funktion des Apple-Disk-II-Laufwerks

Im Rahmen der Artikelserie über Diskettensysteme beginnt in diesem Heft eine Beschreibung des Apple Disk II Disketten-Laufwerks. Während im Einführungsartikel (s. Pecker 3/85, S. 10-21), dessen Inhalt als bekannt vorausgesetzt wird, die Funktion von Disketten-Laufwerk und -Controller in allgemeiner Form erläutert wurde, wird in diesem Artikel das Disk II Laufwerk im Detail beschrieben. Im ersten Teil des Artikels wird die Mechanik und die Elektronik zur Ansteuerung der Motoren erläutert. Im zweiten Teil folgt dann die Beschreibung der Schreib-/Leseelektronik. Leider war bei der Vorbereitung des Artikels keinerlei Unterstützung von der Firma Apple zu erhalten. Deshalb basiert der Artikel größtenteils auf Untersuchungen des Autors und kann deswegen keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit erheben.

Der Artikel verfolgt zwei Ziele. Zum einen will er Kenntnisse über Aufbau und Funktion des Diskettenlaufwerks vermitteln. Zum anderen will er Unterstützung bei Fehlersuche und Reparatur von defekten Laufwerken geben. In diesem Zusammenhang muß davor gewarnt werden, daß die in diesem Artikel beschriebenen Arbeiten am Laufwerk (Öffnen des Laufwerks, Änderung von Justagen etc.) eine Verletzung der Garantie darstellen können und deshalb nur an Laufwerken vorgenommen werden sollten, bei denen die Garantie

schon abgelaufen ist. Ebenso müssen Autor und Verlag jegliche Verantwortung ablehnen, wenn nach Eingriffen in ein Laufwerk dieses evtl. nicht mehr einwandfrei oder gar nicht mehr funktioniert. Alle Arbeiten sollten nur von Personen mit ausreichender Erfahrung im Hardwarebereich vorgenommen werden.

1. Die Mechanik

1.1. Aufbau der Mechanik

Der mechanische Aufbau des Disk II Disketten-Laufwerks ist in den Bildern 1 bis 4 zu sehen. Zur Erläuterung sind in den Bildern die wichtigsten mechanischen und elektronischen Komponenten mit den im Text verwendeten Bezeichnungen versehen.

Bild 1 zeigt die Oberseite des Laufwerks, nachdem es aus dem Gehäuse ausgebaut wurde. Die große Leiterkarte, die auf das Laufwerk montiert ist, ist die sog. **Analogkarte**. Sie enthält die elektronischen Komponenten für alle Funktionen mit Ausnahme der **Motorregelung**. Die Komponenten für diese Funktion sind auf der in **Bild 2** gezeigten kleinen Leiterkarte auf der Rückseite des Gerätes enthalten.

Bild 3 zeigt die Oberseite des Laufwerks, nachdem die Analogkarte abgebaut wurde. **Bild 4** schließlich zeigt das Laufwerk von unten. Auf den beiden letzten Bildern

Zum besseren Verständnis des nachfolgenden Beitrags greife man auf die früheren Aufsätze „Aufbau und Funktion von Diskettensystemen“ (Heft 3/85, S. 11 ff.) sowie „Testprogramme für Apple-II-Diskettenlaufwerke. Analyse von Disketten, Laufwerk und Controller“ (Heft 8/85, S. 6 ff.) zurück.

kann man alle wichtigen mechanischen Komponenten sehen.

Soweit wie Sie es auf den Bildern gesehen haben, kann man das Laufwerk ohne größeres Risiko zerlegen. Dabei muß unbedingt der Rechner ausgeschaltet werden, und man sollte sich den genauen Sitz aller Stecker merken, um beim späteren Zusammenbau die Stecker wieder richtig aufstecken zu können. Ein falsches Aufstecken eines Steckers kann zur Zerstörung von Komponenten im Laufwerk führen. Zum Öffnen des Laufwerks geht man folgendermaßen vor:

- Die vier Schrauben an der Unterseite des Laufwerks lösen.
- Laufwerk nach vorne aus dem Gehäuse ziehen.
- Schnappverschluss für das Flachbandkabel öffnen.
- Die vier versenkten Schrauben an der Unterseite des Laufwerks lösen.
- Untere Gehäuseplatte abnehmen.

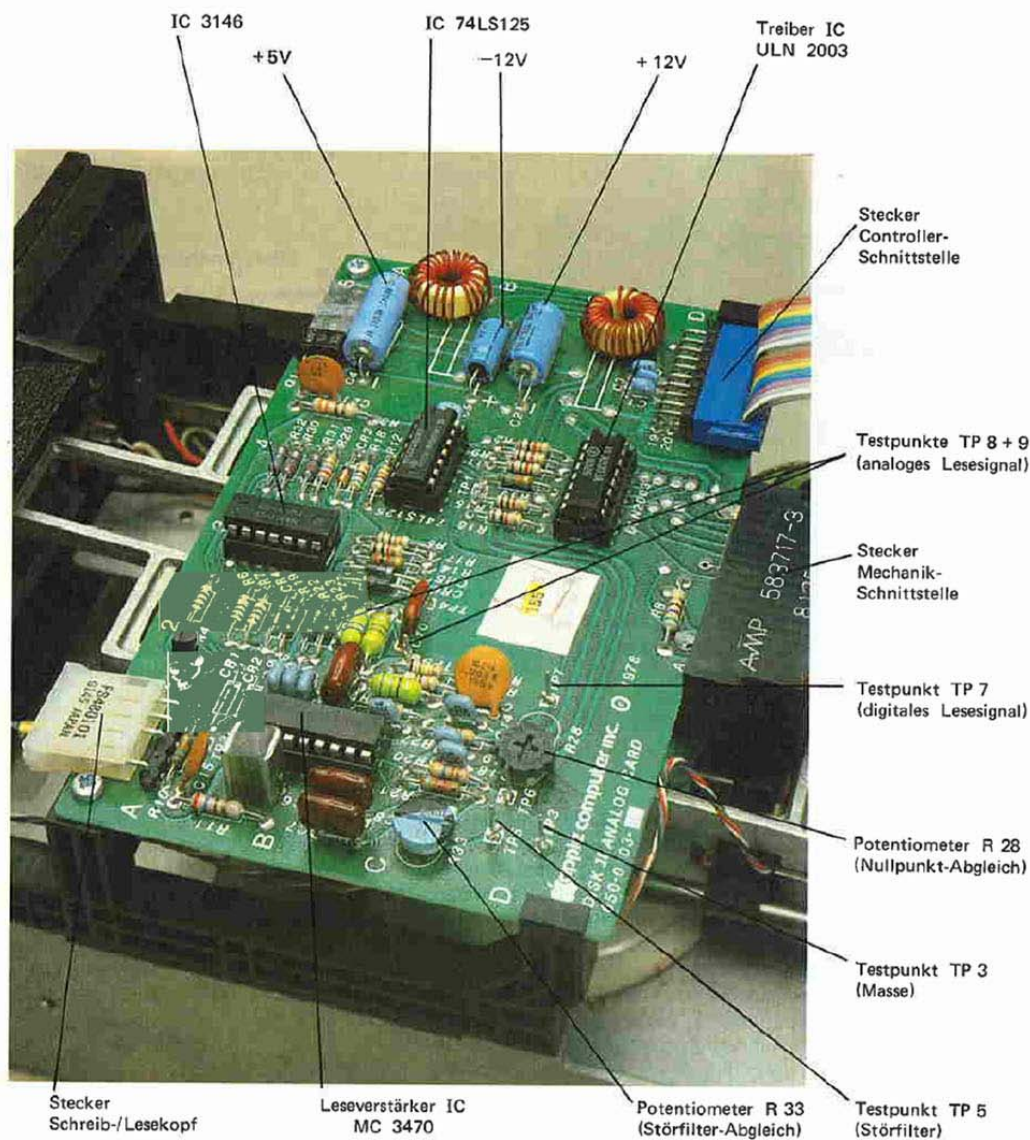


Bild 1: Laufwerk-Oberseite mit Analogkarte

f. Flachbandkabel-Stecker (Controller-Schnittstelle) abziehen. (Achtung: Dieser Stecker ist nicht codiert. Beim späteren Zusammenbau muß man genau darauf achten, daß er nicht versetzt oder verdreht aufgesteckt wird.)

g. Stecker für Schreib-/Lesekopf abziehen (Stecker mit vier dünnen verdrehten Leitungen).

h. Stecker am hinteren Rand der Analogkarte (Mechanik-Schnittstelle) abziehen. (Beim späteren Zusammenbau müssen die beiden Plastik-Klammern im Stecker in die Löcher in der Leiterkarte einrasten.)

i. Die zwei Schrauben lösen, die die Analogkarte halten.

j. Analogkarte nach vorne aus der Führung ziehen.

Nachdem das Laufwerk so demontiert wurde, kann man alle Komponenten des Laufwerkes direkt sehen. Für Messungen an der Analogkarte sind lediglich die Schritte a. und b. und für Messungen an der Motorregelung die Schritte a. bis e. erforderlich. Beim späteren Zusammenbau erfolgen alle Schritte genau in umgekehrter Reihenfolge.

1.2. Funktion der Mechanik

Wenn die Frontklappe des Laufwerkes geöffnet ist, kann eine Diskette entlang der beiden Plastik-Führungsschienen in das Laufwerk geschoben werden. Beim Schließen der Frontklappe wird der mit zwei Blattfedern befestigte Andruck-Rahmen nach unten bewegt. Dadurch taucht der Spreizkonus durch die Einspannöffnung der Diskette in den Aufnahmekonus. Bei diesem Vorgang wird die Diskette zuerst zentriert und dann zwischen Spreizkonus und Aufnahmekonus eingespannt.

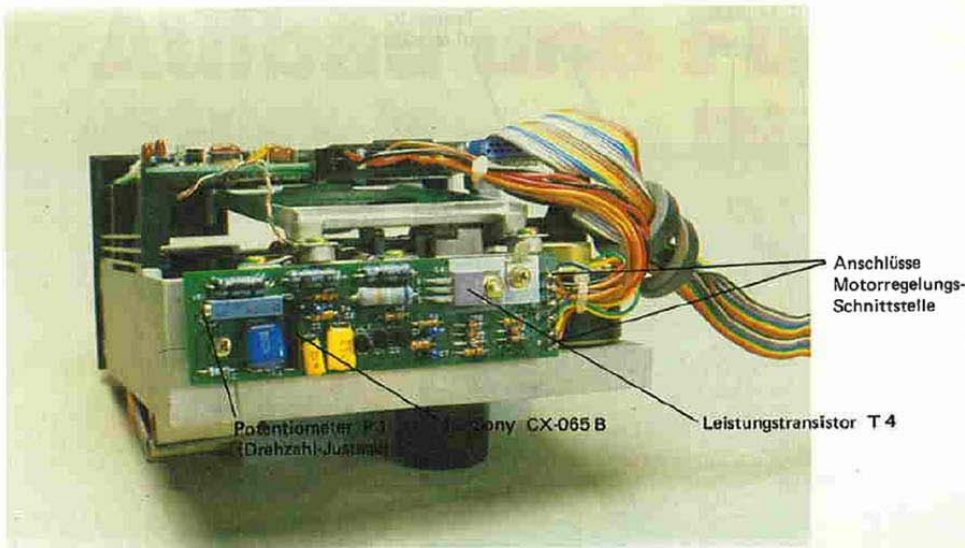


Bild 2: Laufwerk-Rückseite

Auf der gleichen Achse, die den Aufnahmekonus trägt, sitzt auf der Unterseite des Laufwerkes die große Riemenscheibe. Wenn der Motor läuft, wird über die beiden Riemenscheiben und den Antriebsriemen die Diskette in der Hülle gedreht. Die beiden Riemenscheiben sind leicht bauchig. Dadurch wird erreicht, daß der Riemen immer in der Mitte der Riemenscheiben läuft und nicht von ihnen fällt. Auf die große Riemenscheibe ist eine Stroboskopscheibe aufgeklebt, die zur groben Drehzahljustage benutzt werden kann (s. Abschnitt 4.1.).

Die Bewegung des Andruckrahmens hat noch eine zweite Funktion. Wenn die Frontklappe des Laufwerkes geöffnet ist, dann ist der Kopfandruckhebel vom Schreib-/Lesekopf abgehoben. Dadurch ist genug Platz vorhanden, um die Diskette zwischen Kopf und Andruckfilz hindurchschieben zu können. Wenn die Frontklappe geschlossen wird, dann wird der Kopfandruckhebel freigegeben und mit Federspannung gegen den Schreib-/Lesekopf gedrückt. Um die Diskette nicht zu verkratzen, ist auf den Andruckhebel ein Filzplättchen geklebt, das die Diskette leicht gegen den Schreib-/Lesekopf drückt. Damit wird erreicht, daß die Diskette in ständigem Kontakt mit dem Schreib-/Lesekopf ist, was für eine einwandfreie Funktion des Schreibens und Lesens unbedingt erforder-

lich ist (s. Pecker 3/85). Der Luftspalt des Kopfes ist nur wenige Mikrometer breit und mit bloßem Auge nicht zu sehen. Er liegt etwa in der Mitte des schwarzen Striches, der auf dem Kopf sichtbar ist.

Der Schreib-/Lesekopf muß beweglich sein, damit man ihn auf die verschiedenen Spuren der Diskette positionieren kann. Er ist auf dem Kopfschlitten montiert, der auf zwei Führungsstangen hin und her bewegt werden kann. Die Bewegung des Kopfschlittens erfolgt über einen Mitnehmer, der ähnlich einer Grammophon-nadel in der spiralförmigen Rille der Spiralscheibe läuft. Durch diese Anordnung wird die Drehbewegung des Schrittmotors in eine lineare Bewegung des Kopfschlittens umgewandelt. Wenn das Laufwerk nicht eingeschaltet ist, kann durch vorsichtiges Drehen der Spiralscheibe der Kopf hin und her bewegt werden. Sollte einmal der Mitnehmer aus der Rille gesprungen sein, braucht die Spiralscheibe nur solange gedreht zu werden, bis der Mitnehmer wieder einrastet.

Auf den Bildern nicht sichtbar, befindet sich auf der linken Seite des Laufwerkes schließlich noch der Mikroschalter, der feststellt, ob die eingelegte Diskette schreibgeschützt ist oder nicht. Ebenso auf den Bildern nicht zu sehen, sitzt in der Frontplatte die Betriebsanzeige-LED, die

aufleuchtet, wenn das Laufwerk vom Rechner angesprochen (selektiert) wird. Im Gegensatz zu zahlreichen anderen Laufwerken verfügt das Apple DISK II Laufwerk weder über einen Mechanismus zum Erkennen der Spur Null (Schalter oder Lichtschranke) noch über eine Lichtschranke zum Erkennen des Indexloches in der Diskette.

2. Die Schnittstellen

Das DISK II Laufwerk hat vier Schnittstellen, eine externe und drei interne. Die externe Schnittstelle enthält alle Leitungen, die nach außen zum Controller führen. Die internen Schnittstellen dienen zur Verbindung der Laufwerkskomponenten untereinander. Der Stecker, der am hinteren Rand der Analogkarte in der Mitte sitzt, stellt die Verbindung zu den verschiedenen elektromechanischen Komponenten des Laufwerkes (Schalter, Motoren usw.) her. Diese Schnittstelle wird deshalb kurz Mechanik-Schnittstelle genannt. Die beiden anderen internen Schnittstellen enthalten die Verbindungen zur Motorregelung und zum Schreib-/Lesekopf.

Die Kontaktbelegung der Schnittstellen-Stecker ist in Tabelle 1 bis 4 enthalten. In den Tabellen sowie im späteren Text und den Schaltbildern wurden (soweit vorhan-

den) die gleichen Signalnamen wie im DOS-Handbuch verwendet. Da die Signalnamen Abkürzungen der englischen Funktionsbezeichnung sind, ist zum leichteren Verständnis die Funktionsbeschreibung in den Tabellen in englischer und deutscher Sprache enthalten.

2.1. Controller-Schnittstelle

Das Apple DISK II Laufwerk wird über ein 20-poliges Kabel an die Interfacekarte (Controller) angeschlossen. Über das Kabel werden sowohl die Stromversorgungs- als auch die Signalleitungen geführt. Zur Entstörung wird das Flachkabel durch zwei Ferritringe geführt. Die Masseleitung (GND = Ground) wird für Stromversorgung und Signalleitungen gemeinsam benutzt. **Tabelle 1** zeigt die Stiftbelegung für den Stecker der Controller-Schnittstelle. Der Stecker enthält in der oberen Reihe die ungeraden und in der unteren Reihe die geraden Stifte. Für die Stifte 1, 2, 19 und 20 sind die Positionen auf der Leiterkarte aufgedruckt.

Zur **Stromversorgung** benötigen die Apple DISK II Laufwerke die Spannungen +5 V, +12 V und -12 V. Wenn das Laufwerk nicht benutzt wird (Standby), beträgt die Stromaufnahme bei +5 V ca. 130 mA, bei +12 V ca. 50 mA und bei -12 V ca. 3,5 mA. Während des Betriebs (Schreiben und Lesen) erhöht sich die Stromaufnahme der +12 V-Spannung auf ca. 550 mA.

Zur Steuerung des Apple DISK II Laufwerks werden 9 Signalleitungen benötigt. Alle Signale werden von einfachen LS-TTL-Bausteinen und nicht von besonderen Leitungstreibern angesteuert. Deshalb muß die Kabellänge zwischen Controller und Laufwerk auch recht kurz sein und darf nicht verlängert werden.

Mit dem Signal **-ENBL** (Enable = Freigabe) wird das Laufwerk eingeschaltet (selektiert). Das ist daran zu sehen, daß die Betriebsanzeige-LED aufleuchtet und der Antriebsmotor läuft.

Die Signale $\Phi 0$, $\Phi 1$, $\Phi 2$ und $\Phi 3$ dienen unmittelbar zur Ansteuerung der vier Phasen des Schrittmotors (s. Pecker 3/85, S.13/16).

Mit dem Signal **-WR REQ** (Write Request = Schreib-Befehl) wird das Schreiben eingeschaltet (vorausgesetzt das Laufwerk ist selektiert und die eingelegte Diskette nicht schreibgeschützt). Wenn das Laufwerk nicht auf Schreiben geschaltet ist, befindet es sich automatisch im Lese-Modus.

Das Signal **WR DATA** (Write Data = Schreib-Daten) dient beim Schreiben zur Übertragung der Daten vom Controller zum Laufwerk.

Das Signal **W PROT** (Write Protect = Schreibschutz) meldet an den Controller, ob die im selektierten Laufwerk eingelegte Diskette schreibgeschützt ist oder nicht.

Das Signal **RD DATA** (Read Data = Lese-Daten) dient beim Lesen zur Übertragung der Daten von dem gerade selektierten Laufwerk zum Controller.

2.2. Mechanik-Schnittstelle

Tabelle 2 enthält die Stecker-Belegung der Mechanik-Schnittstelle. Diese enthält die Anschlüsse für die Betriebsanzeige, den Schreibschutzschalter, den Schrittmotor sowie die Verbindungen zur Motor-

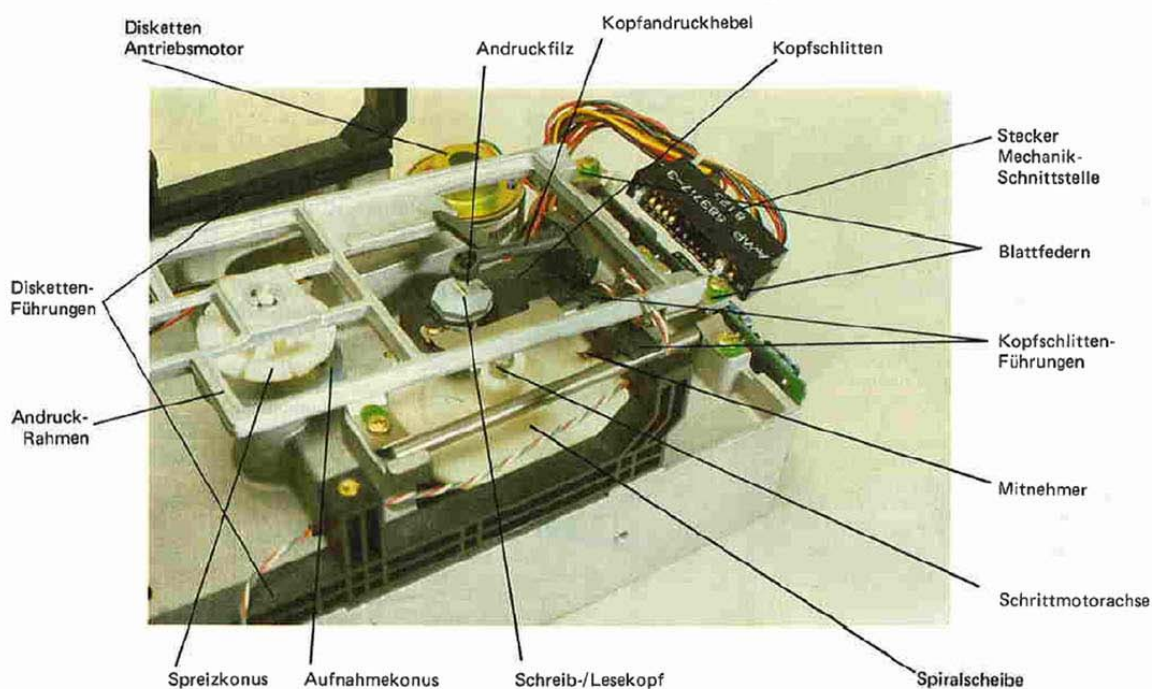


Bild 3: Laufwerk-Oberseite ohne Analogkarte

regelungs-Leiterkarte. Die Funktion der einzelnen Signale wird in der Beschreibung der jeweiligen Funktionsgruppen erläutert.

Beim Stecker der Mechanik-Schnittstelle sind die Kontakte auf der Oberseite der Leiterkarte mit Buchstaben und auf der Unterseite mit Zahlen gekennzeichnet. Die Position des Kontaktes A ist auf der Leiterkarte aufgedruckt. Der Kontakt 1 liegt genau unter dem Kontakt A.

2.3. Motorregelungs-Schnittstelle

Die Motorregelungs-Schnittstelle (Tabelle 3) enthält einerseits die Leitungen, die von der Mechanik-Schnittstelle der Analogkarte kommen und andererseits die Leitungen, die zum Antriebsmotor führen. Die Anschlußleitungen werden nicht über einen Stecker, sondern über Lötstützpunkte geführt. Die auch auf der Leiterkarte aufgedruckten Stiftbezeichnungen sind Abkürzungen für die Kabelfarbe.

2.4. Schreib-/Lesekopf-Schnittstelle

Obwohl die Schreib-/Leseelektronik erst im zweiten Teil dieses Artikels beschrieben wird, ist der Vollständigkeit halber in Tabelle 4 die Belegung des Schreib-/Le-

sekopf-Steckers angegeben. Die vier Anschlußleitungen des Schreib-/Lesekopfes werden über den kleinen Stecker am vorderen Rand der Analogkarte geführt. Stift 1 des Steckers liegt an der Außenseite der Leiterkarte. Position 2 des Steckers enthält eine Codierung, um den Stecker gegen falsches Aufstecken zu schützen.

3. Funktion der Elektronik

Die Elektronik des Apple DISK II Laufwerks besteht aus fünf Funktionsgruppen: Stromversorgung und Freigabe, Schrittmotor-Ansteuerung, Motorregelung, Schreibelektronik, Leseelektronik. Die Motorregelung befindet sich auf der kleinen Leiterkarte an der Rückseite des Laufwerkes. Alle übrigen Funktionsgruppen befinden sich auf der größeren Leiterkarte auf der Oberseite des Laufwerkes. Die kleine Leiterkarte trägt beim Laufwerk des Autors die Bezeichnung PY117 und die große Karte die Bezeichnung „DISK II ANALOG CARD 650-0103“. Das Schaltbild der Analogkarte ist dem Apple II DOS-Handbuch entnommen, jedoch zum besseren Verständnis umgezeichnet. In den Schaltbildern des DOS-Handbuchs haben

einige Leitungen einen Strich über dem Signalnamen und einige nicht. Damit wird die Zuordnung zwischen logischen und physikalischen Zuständen definiert.

Auf logischer Seite gibt es die beiden Zustände 1 (aktiv) und 0 (inaktiv). Im aktiven Zustand wird die dem Signalnamen entsprechende Funktion (z.B. -MTR ON = Motor ein) ausgeführt. Im inaktiven Zustand wird die entsprechende Funktion nicht ausgeführt. Auf physikalischer Seite werden Spannungswerte gemessen. Bei den im Apple verwendeten TTL-Bausteinen werden Spannungen $\geq 2,0$ V als H (High-Zustand) und Spannungen $\leq 0,8$ V als L (Low-Zustand) definiert. Die logischen und physikalischen Zustände können einander auf zwei Arten zugeordnet werden.

Für Leitungen ohne einen Strich über dem Signalnamen gilt die sog. **positive Logik** (high-aktive Logik). Dabei entspricht der logische Zustand 1 dem physikalischen High-Zustand (H) und der logische Zustand 0 dem Low-Zustand (L), d.h. die dem Signalnamen entsprechende Funktion wird ausgeführt, wenn das Signal den H-Zustand (high) hat.

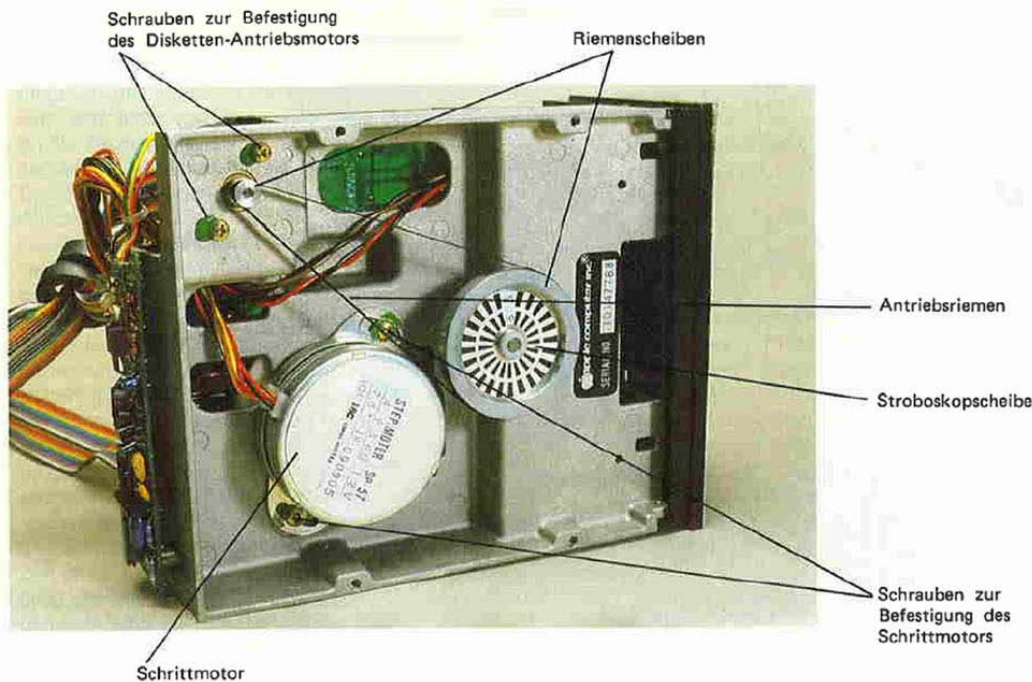


Bild 4: Laufwerk-Unterseite

Für Leitungen mit einem Strich über dem Signalnamen gilt die **negative Logik**. Da im laufenden Text die Überstreichung Schwierigkeiten bereitet, werden in diesem und den folgenden Artikeln Signale mit negativer Logik mit einem vorangestellten Minuszeichen gekennzeichnet. Bei negativer Logik (low-aktive Logik) ist die Zuordnung genau umgekehrt zur positiven Logik, d.h. 1 entspricht L und 0 entspricht H. Die dem Signalnamen entsprechende Funktion wird also ausgeführt, wenn das Signal den L (low)-Zustand hat.

In den Schaltbildern werden Anschlüsse der Controller-Schnittstelle durch ein Rechteck gekennzeichnet. Durch Ovale werden Anschlüsse der internen Schnittstellen bezeichnet. Pfeile bezeichnen schließlich Verbindungen von einem Schaltbild zum anderen innerhalb der gleichen Leiterkarte.

3.1. Stromversorgung und Freigabe

Bild 5 zeigt die Stromversorgung und Freigabe-Schaltung des DISK II Laufwerks.

Die Versorgungsspannungen +5 V und +12 V werden über LC-Filter, die Spannung -12 V nur über Kondensatoren geglättet.

Die Freigabe (Selektion) des Laufwerks erfolgt über das Signal -ENBL (Enable). Wenn dieses (low-aktive) Signal im aktiven Zustand ist (1 = L), wird über die beiden invertierenden Treiber ULN 2003 der Leistungstransistor T1 und damit die Versorgungsspannung +12 V · ENBL eingeschaltet. Dadurch wird der Schrittmotor, die Schreibeinheit sowie die an der Frontplatte befindliche Betriebsanzeigelampe (Activity LED) eingeschaltet. Weiterhin geht das -ENBL-Signal über den Widerstand R9 als Signal -MTR ON zur Motorregelung, um den Disketten-Antriebsmotor einzuschalten.

Wenn das Signal -ENBL im inaktiven Zustand ist (0 = H), dann wird T1 und damit die Spannung +12 V · ENBL ausgeschaltet. Dadurch werden alle Funktionen des Laufwerks wieder ausgeschaltet.

3.2. Schrittmotor-Ansteuerung

Bild 6 zeigt die Schrittmotor-Ansteuerung, die lediglich aus vier Treibern für die vier Spulen (Phasen) des Schrittmotors besteht. Als Treiber werden vier Elemente des integrierten Bausteins ULN 2003 verwendet. Dieser Baustein, der u.a. von den Firmen SGS, Signetics, Sprague und Texas Instruments hergestellt wird, enthält sieben gleiche Darlington-Treiber, wovon jeder Treiber eine maximale Spannung von 50 V und einen maximalen Strom von

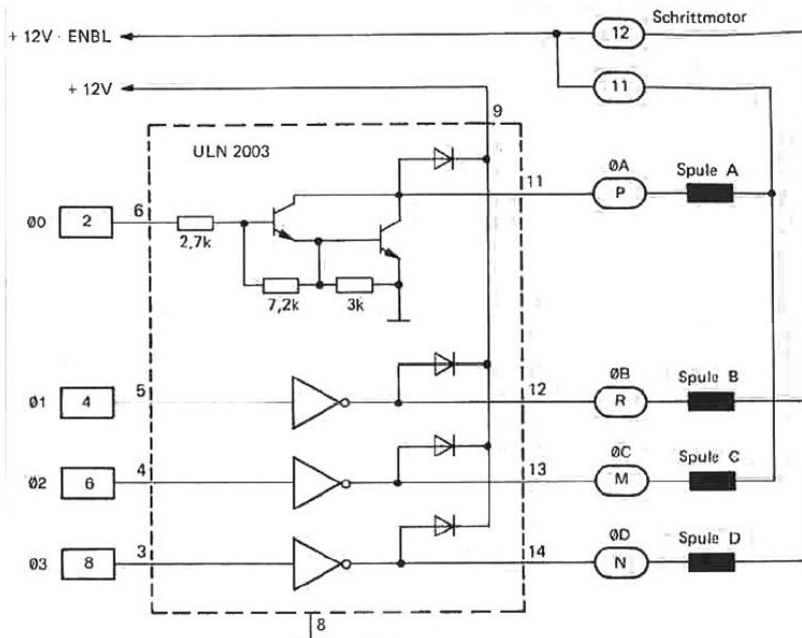


Bild 5: Stromversorgung (Hinweis: Ø = Phi)

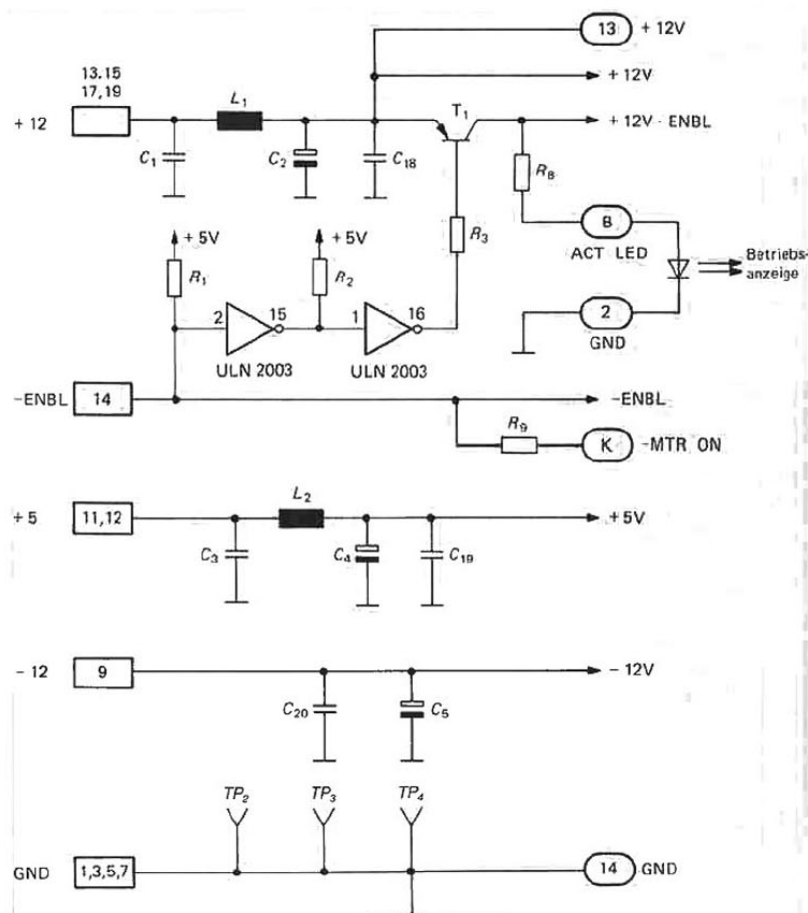


Bild 6: Schrittmotor-Ansteuerung

500 mA verträgt. Der Baustein enthält ebenfalls für jeden Treiber eine Freilaufdiode, deren Kathoden an den gemeinsamen Anschluß 9 gelegt sind. Das „Innenleben“ des Bausteins ist am Beispiel von $\Phi 0$ in Bild 6 gezeigt.

Wenn ein Phasensignal ($\Phi 0$ bis $\Phi 3$) aktiv ist (1 = H), wird der zugehörige Darling-ton-Treiber eingeschaltet. Unter der Voraussetzung, daß mit dem Signal -ENBL die Spannung +12 V · ENBL eingeschaltet ist, fließt durch die entsprechende Spule des Schrittmotors (ΦA bis ΦD) ein Strom. Ist ein Phasensignal inaktiv (0 = L), so ist der entsprechende Treiber ausgeschaltet und durch die zugehörige Spule fließt kein Strom.

3.3. Motorregelung

Es gibt offensichtlich unterschiedliche Motorregelungs-Leiterkarten für das DISK II Laufwerk. So ist dem Autor bekannt, daß es abweichend von der hier beschriebenen Schaltung auch eine Schaltung gibt, die auf dem IC LM2917 basiert. Wann und in welchen Laufwerken welche Schaltung eingebaut wurde, ist dem Autor leider nicht bekannt, jedoch wäre er für entsprechende Informationen dankbar. Die Beschreibung kann sich deshalb nur auf die im Laufwerk des Autors enthaltene Schaltung beziehen. Das Herzstück dieser Schaltung ist der 8-polige integrierte Schaltkreis CX-065B der Firma Sony, der u.a. zur Antriebsregelung in Kassettenrekordern benutzt wird. Bild 7 zeigt die im

DOS-Handbuch nicht enthaltene Schaltung der Motorregelung.

Bild 8 zeigt den prinzipiellen Signalverlauf im Regelkreis. Im Schaltbild sind die Stellen, an denen die einzelnen Signale auftreten, mit den Buchstaben der jeweiligen Kurve gekennzeichnet.

Der in den Antriebsmotor integrierte Tacho-Generator erzeugt eine Sinusspannung (Kurve A), deren Frequenz proportional zur Drehzahl des Motors ist. Bei Nenndrehzahl beträgt die Periodendauer ca. 2,7 msec und die Spannung ca. 7,5 Vss (Volt von Spitze zu Spitze). Diese Sinusspannung wird über einen Vollweg-Gleichrichter (D1 bis D4) gleichgerichtet und an den Eingang 1 des Regel-ICs CX-065B gelegt. Der **Vollweg-Gleichrichter** wandelt die an seinen Eingängen liegende Wechselspannung (Kurve A) in eine pulsierende Gleichspannung doppelter Frequenz (Kurve B) um. Die Periodendauer der Kurve B beträgt ca. 1,35 msec und die Spannung ca. 2,5 Vss. Da dem Gleichrichter keine Kondensatoren zur Glättung nachgeschaltet sind, wird keine Gleichspannung erzeugt.

Innerhalb des Regel-ICs wandelt zunächst eine **Impulsformer**-Stufe die pulsierende Gleichspannung in Rechteck-Impulse um (Kurve C). Jedesmal, wenn die in Kurve B gestrichelt gezeichnete Schwelle überschritten wird, ist das Signal in Kurve C gleich 1. Die Rechteck-Impulse gelangen

auf den Eingang des **Sägezahn-Generators**. Dieser wird mit jeder ansteigenden Flanke des Rechteck-Signals gestartet. Das Ausgangssignal des Sägezahn-Generators (Kurve D) gelangt auf den „+“ Eingang eines **Komparators** und wird dort mit einer am „-“ Eingang anliegenden Schwellenspannung verglichen. Wenn die Sägezahn-Spannung größer als die Schwellenspannung ist, wird der Ausgang des Komparators (Kurve E) zu 1. Während dieser positiven Impulse wird der Kondensator C4 über einen **Gleichspannungsverstärker** aufgeladen und in den übrigen Zeiten entladen (Kurve F). Über R4 und C8 wird diese Spannung geglättet. Die Spannungshöhe des geglätteten Signals entspricht dem Mittelwert des Signals in Kurve F und damit dem Einschaltverhältnis des Signals in Kurve E. Je länger das Signal in Kurve E eingeschaltet ist, desto höher ist die Spannung an C8. Von C8 aus wird schließlich über den Treiber-Transistor T2 der Leistungstransistor T4 angesteuert, der den Strom für den Antriebsmotor liefert. Dabei ist der Motorstrom umso größer, je höher die Spannung an C8 ist.

Um den Motor vor Überhitzung zu schützen, wird über R9 und T3 der Motorstrom begrenzt. Normalerweise ist T3 gesperrt. Wenn jedoch der Motorstrom zu hoch wird, wird der Spannungsabfall an R9 so groß, daß die erforderliche Basis-Emitter-Spannung erreicht und damit T3 leitend wird. Dadurch wird die Spannung an der

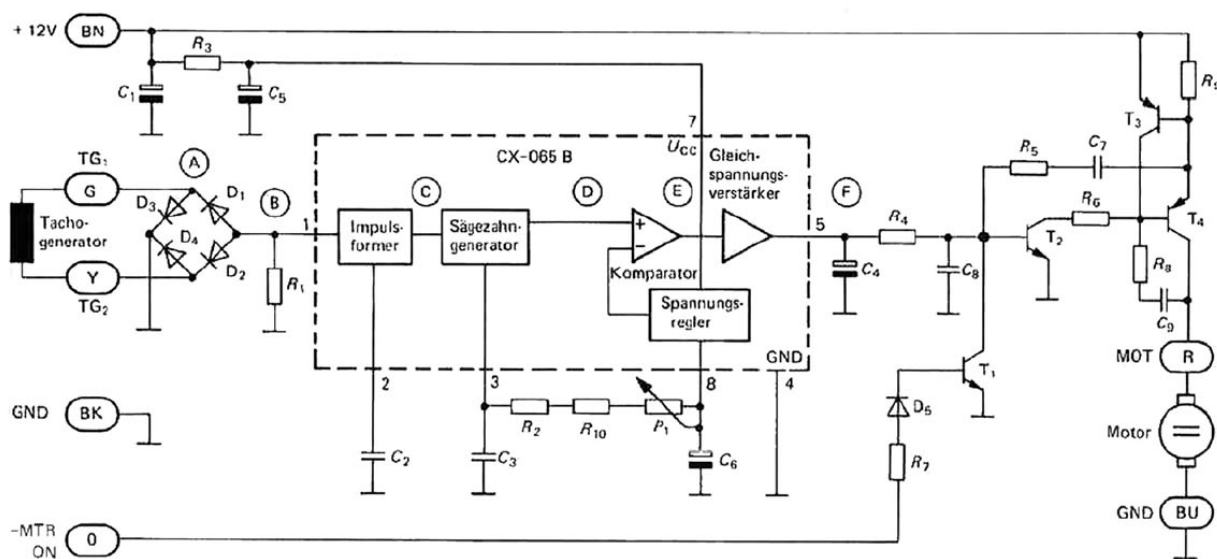


Bild 7: Motorregelung

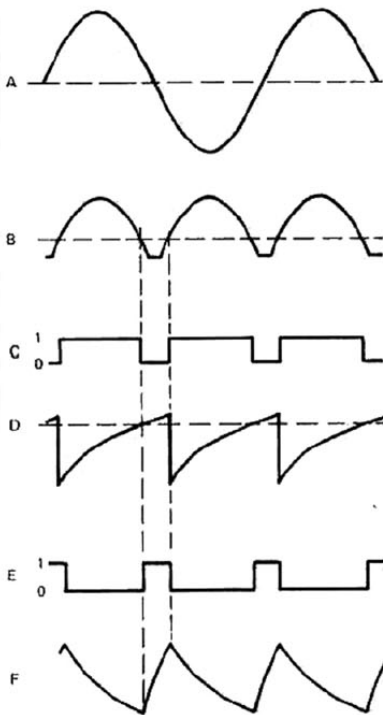


Bild 8: Signalverlauf im Regelkreis

Basis von T4 (gegenüber dem Emitter) reduziert und damit der Strom durch T4 und den Antriebsmotor begrenzt. Die beiden RC-Glieder R5-C7 und R8-C9 dienen der Stabilität der Regelschaltung.

Bei normaler Belastung ist die Einschalt-dauer des Signals in der Kurve E sehr kurz (ca. 10 μ sec), und das Aufladen von C4 ist nur schlecht auf dem Oszillographen zu sehen. Um die verschiedenen Signale in der Regelschaltung besser messen zu können, empfiehlt es sich, den Antriebsmotor mit der Hand abzubremesen.

Die eigentliche **Regelwirkung** der Schaltung geschieht folgendermaßen: Wenn die Drehzahl des Laufwerks größer wird, ist die Frequenz des Signals in den Kurven A und B größer und damit der Abstand der Impulse in Kurve C kürzer. Dadurch überschreitet der Sägezahn (Kurve D) nur für kürzere Zeit die Referenzspannung, was kürzere Impulse in Kurve E zur Folge hat. Der Kondensator C4 wird dadurch seinerseits nur kürzere Zeit aufgeladen, wodurch die Spannung an C8 absinkt und schließlich der Motorstrom niedriger wird, was ein Absinken der Drehzahl zur Folge hat.

Bei zu niedriger Drehzahl ist der Vorgang genau umgekehrt. Die niedrigere Frequenz des Eingangssignals hat längere Impulse in Kurve E und damit eine höhere Spannung an C8 zur Folge. Durch den daraus resultierenden höheren Motorstrom wird der Motor beschleunigt, bis er die Nenndrehzahl erreicht hat.

Die Nenndrehzahl des Motors kann mit Hilfe des Potentiometers P1 eingestellt werden. P1 bestimmt (zusammen mit R2 und R10) die Größe des Stromes, mit dem C3 aufgeladen wird, was der Steilheit des Anstiegs des Sägezahns entspricht. Wenn der Widerstandswert von P1 verkleinert wird, so wird C3 schneller aufgeladen, wodurch die Referenzspannung eher erreicht wird. Dadurch werden die Impulse in Kurve E länger, und die Spannung an C8 und der Motorstrom steigen, wodurch der Motor beschleunigt wird, bis er die jetzt höhere Nenndrehzahl erreicht hat. Umgekehrt kann durch Erhöhen des Widerstandswertes von P1 die Nenndrehzahl erniedrigt werden.

Das Ein- und Ausschalten des Antriebsmotors erfolgt mit Hilfe des Signals -MTR ON (Motor On = Motor ein). Im aktiven Zustand des Signals (1 = L) ist der Transistor T1 nichtleitend, und die Regelschaltung funktioniert wie oben beschrieben. Im inaktiven Zustand (0 = H) ist der Transistor T1 leitend, wodurch die Transistoren T2 und T4 ausgeschaltet werden. Damit fließt kein Strom mehr durch den Motor; der Motor bleibt stehen.

4. Justagen

Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie die Justagen des Laufwerks überprüft und korrigiert werden können. Die Einstellungen sollten nur dann verändert werden, wenn dies wirklich notwendig ist. Normalerweise ist das nur nach Reparaturen der Fall, bei denen Bauelemente ausgetauscht wurden. Bei normalem Betrieb ist ein Nachstellen der Justagen im allgemeinen nicht erforderlich. In allen Fällen wird zur Überprüfung und Korrektur der Justagen das in *Pecker 8/85* veröffentlichte und auf Sammeldiskette #8 enthaltene **DISK-TEST-Programm** benötigt. Die Justage-Prozeduren gelten nicht nur für das Apple DISK II Laufwerk, sondern im Prinzip auch für alle anderen Laufwerke, die an den Apple angeschlossen werden können.

4.1. Drehzahljustage

Die Überprüfung der Drehzahl ist mit Hilfe des DISKTEST-Programms ganz einfach.

Der U-Befehl zeigt direkt die Abweichung von der nominalen Umdrehungsdauer grafisch und numerisch an. Zur Korrektur der Drehzahl wird das Potentiometer P1 auf der Motorregelungs-Leiterkarte (s. Bild 2) soweit verdreht, bis die gewünschte Drehzahl erreicht ist.

Bei der Drehzahljustage ist eine Reihe von Punkten zu beachten:

- Bei der Messung der Drehzahl mit dem DISKTEST-Programm wird die benutzte Diskette überschrieben!
- Die Drehzahlabweichung kann mit der Betriebstemperatur des Laufwerks schwanken. Diese Schwankungen können für unterschiedliche Laufwerkstypen mehr oder weniger groß sein. (Beim Apple DISK II Laufwerk sind sie recht klein.) Die Messung der Drehzahl sollte bei kaltem Laufwerk beginnen und über einige Zeit durchgeführt werden, bis sich das Laufwerk erwärmt hat und sich die Drehzahl nicht mehr ändert.
- Die Drehzahl kann je nach der Spur, auf welcher der Kopf gerade steht, unterschiedlich abweichen. Kopf und Andruckfilz bremsen durch ihre Reibung die Diskette ab. Je nach Spurposition ergibt sich dafür ein unterschiedlich langer Hebelarm, was ein unterschiedliches Bremsmoment zur Folge hat. Je nach Regelschaltung hat dies eine mehr oder weniger starke Drehzahlabweichung zur Folge. Um einen Mittelwert zu erhalten, wird deshalb empfohlen, die Drehzahljustage auf Spur 17 durchzuführen.
- Ebenso ist das Bremsmoment von Diskette zu Diskette unterschiedlich. Leichtgängige Disketten resultieren in einer etwas höheren und schwergängige Disketten in einer etwas niedrigeren Drehzahl. In extremen Fällen kann es bei zu hoher Reibung vorkommen, daß die Umdrehungsdauer unter der vorgeschriebenen Toleranzgrenze von -1 % liegt oder daß der Antriebsmotor gar nicht losläuft. Dies kann passieren, wenn eine Diskette (z.B. beim Versand) zu stark gedrückt wurde. Die Ränder einer Diskettenhülle sind normalerweise U-förmig umgebogen, so daß die Diskettenscheibe zwischen den beiden Schenkeln des „U“ genug Platz hat, sich leicht zu drehen. Bei starkem Druck auf den Rand einer Diskette kann das „U“ zu einem „V“ verformt werden. Die Schenkel des „V“ bremsen dann die Diskette ab – unter Umständen so stark, daß die Kraft des Antriebsmotors nicht mehr ausreicht, die Diskette zu drehen.
- Die Abweichung der Umdrehungsdauer soll unter allen möglichen Betriebsbedingungen (Betriebstemperatur, Spurposition und unterschiedliche Disketten) zwischen +1 % und -1 % liegen. Um sicherzustellen

len, daß beim Kopieren von geschützten Disketten mit sog. Nibble-Kopierern immer die ganze Spur kopiert werden kann, empfiehlt es sich, die Umdrehungsdauer auf ca. +0,5 % einzustellen (vorausgesetzt die +1 % Grenze wird dabei durch andere Einflüsse nicht überschritten). Durch die längere Umdrehungsdauer passen mehr Bytes auf eine Spur, was eine zusätzliche Reserve beim Nibble-Kopieren darstellt. Beim normalen Betrieb mit allen Betriebssystemen stört eine Abweichung von 0,5 % nicht im geringsten.

4.2. Spurjustage

Die Überprüfung, ob der Schreib-/Lesekopf exakt auf die vorgeschriebenen Spuren positioniert wird und ob eine eventuelle Korrektur der Spurlage nötig ist, ist relativ schwierig und aufwendig. Zunächst wird ein Oszillograph benötigt, da das analoge Lesesignal gemessen werden muß. Als nächstes wird eine Referenz-Diskette gebraucht, bei der die Aufzeichnung ganz genau auf der genormten Sollspurlage erfolgt ist. Diese Forderung ist nur bei speziellen **Justagedisketten** erfüllt, die von verschiedenen Diskettenherstellern angeboten werden. Wegen der erforderlichen Präzision und den geringen Stückzahlen sind solche Justagedisketten nicht gerade billig (ca. 150,- bis 200,- DM). Da sie aber auch nicht oft benötigt werden, reicht es, wenn in einem Club oder einer Gruppe nur eine Diskette gekauft und dann ausgetauscht wird. Das Kopieren einer Justagediskette ist technisch nicht möglich.

4.2.1. Spurjustage-Theorie

Für die Spurjustage des DISK II Laufwerks ist die Justagediskette von BASF besonders geeignet und wurde deshalb auch für diesen Artikel verwendet. Die Justagediskette hat die Bezeichnung „BASF CE-FlexyDisk 5.25“ (CE = Customer Engineering = Kundendienst) und ist in vier Versionen erhältlich: einseitig-einfache Dichte, doppelseitig-einfache Dichte, einseitig-doppelte Dichte und doppelseitig-doppelte Dichte. Für die Justage des DISK II und kompatibler Laufwerke reicht die Version für einseitige Aufzeichnung und einfache Dichte aus. Die BASF-Justagediskette kann von folgenden Firmen bezogen werden:

Fa. Feltron Elektronik, 5210 Troisdorf
Fa. Emil Löffelhardt, 7012 Fellbach

Für die Spurjustage enthält die Justagediskette die in **Bild 9** gezeigte Aufzeichnung. Links im Bild ist die Sollspurlage für die Spuren 15, 16 und 17 gezeigt, rechts daneben das Aufzeichnungsformat eines

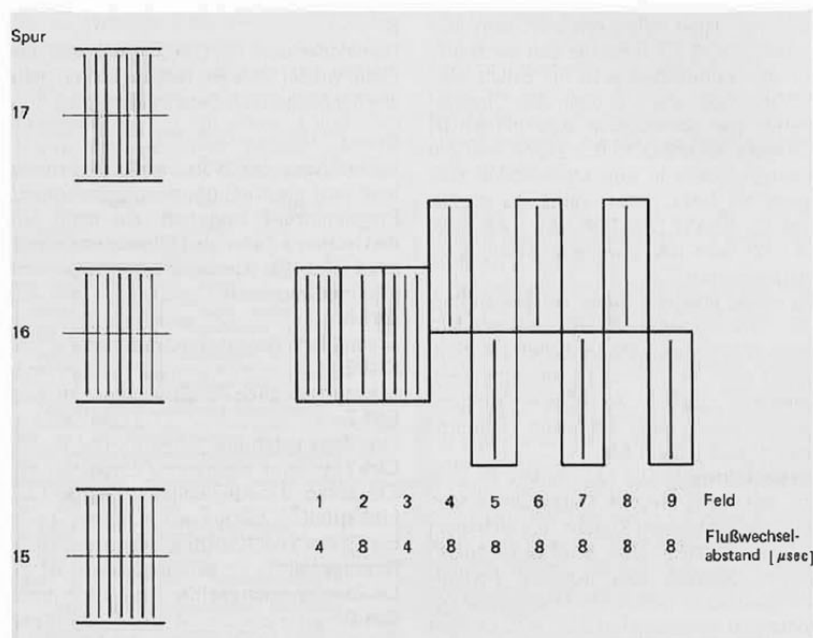


Bild 9: Spurjustagediskette-Aufzeichnungsformate

Sektors auf der Justagediskette. Danach besteht ein Sektor aus 9 gleichlangen Feldern. Die ersten drei Felder dienen lediglich zur Orientierung beim Messen. Sie sind genau auf Sollspurlage von Spur 16, jedoch mit unterschiedlichen Frequenzen aufgezeichnet. Die Aufzeichnung in Feld 1* und 3 hat einen Flusswechselabstand von 4 µsec. Dagegen hat die Aufzeichnung in Feld 2, ebenso wie in den Feldern 4 bis 9, einen Flusswechselabstand von 8 µsec. Zur eigentlichen Justage werden die Felder 4 bis 9 benötigt. Die Besonderheit dieser Felder liegt darin, daß die geradzahlgigen Felder genau um eine halbe Spurbreite nach innen (in Richtung auf Spur 17) und die ungeradzahlgigen Felder genau um eine halbe Spurbreite nach außen versetzt sind. Auf der gesamten Spur sind sechs gleiche Sektoren (ohne Zwischenräume)

aufgezeichnet, entsprechend 60 Grad pro Sektor.

Bei der Justage wird das analoge Lesesignal dieser Aufzeichnung mit einem Oszillographen gemessen. Dabei sind zwei Effekte zu beobachten:

- Die Lesesignalamplitude bei einer Aufzeichnung mit 4 µsec Flusswechselabstand (Feld 1 und Feld 3) ist kleiner als die bei einer Aufzeichnung mit 8 µsec (Feld 2).
- Bei gleichem Flusswechselabstand ist die Lesesignalamplitude proportional zu der vom Lesekopf erfaßten Spurbreite, d.h. je mehr von der geschriebenen Spur gelesen wird, desto größer ist das Lesesignal.

Das sich aus diesen Effekten ergebende Lesesignal zeigen die Bilder 10 und 11.

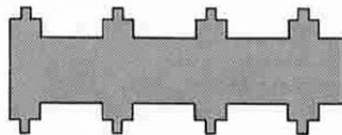


Bild 10: Ideale Spurposition

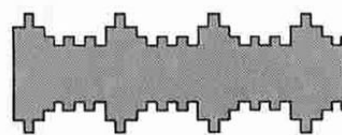


Bild 11: Spurabweichung

* Zu den Feldern siehe Bild 12 auf Seite 18.

Bild 10 zeigt den Idealfall, daß der Lesekopf genau auf der vorgeschriebenen Spurposition (Spur 16) steht. Das Lesesignal in Feld 2 hat die größte Amplitude, da die Aufzeichnung mit 8 µsec Flußwechselabstand erfolgt ist und der Lesekopf die geschriebene Spurbreite von Feld 2 voll erfaßt. Die Amplitude der Felder 1 und 3 ist etwas geringer, da in diesen Feldern die Aufzeichnung mit 4 µsec Flußwechselabstand erfolgt ist. In den Feldern 4 bis 9 ist die Amplitude in allen Feldern gleich groß, aber nur genau halb so groß wie die Amplitude in Feld 2. Dies kommt daher, daß diese Felder bei der Aufzeichnung um eine halbe Spurbreite versetzt aufgezeichnet wurden, und der Lesekopf daher nur jeweils die halbe Spurbreite erfaßt.

Bild 11 zeigt das Lesesignal, wenn der Lesekopf nicht genau auf der vorgeschriebenen Spurposition steht. In diesem Fall hat der Lesekopf eine Spurbewegung von 20 µm, was 40% des maximal zulässigen Fehlers entspricht. Wenn man Bild 9 betrachtet und sich vorstellt, daß der Lesekopf von Spur 16 aus etwas nach oben (in Richtung zur Spur 17) verschoben wird, so ist klar, daß der Lesekopf einen größeren Anteil der geraden Felder (4, 6, 8) und dagegen einen kleineren Anteil der ungeraden Felder (5, 7, 9) erfaßt. Entsprechend steigt in Bild 11 die Lesesignalamplitude der geraden Felder gegenüber Bild 10, während die Lesesignalamplitude der ungeraden Felder sinkt.

Bei einer Spurbewegung in umgekehrter Richtung kehren sich die Verhältnisse genau um, die Amplitude der geraden Felder sinkt, und die Amplitude der ungeraden Felder steigt an.

Aus dem Verhältnis der Amplituden kann man direkt die Spurbewegung (SA) nach folgender Formel ausrechnen:

$$SA = \frac{U_g - U_u}{U_g + U_u} \cdot \frac{SB}{2}$$

In der Gleichung ist U_g die Amplitude (Spitze zu Spitze) eines geraden Feldes und U_u die Amplitude des danebenliegenden ungeraden Feldes. Der Wert SB ist die Spurbreite (300 µm bei 48 tpi und 146 µm bei 96 tpi).

In der Praxis werden die Verhältnisse noch etwas komplizierter, da oft die Justagediskette nicht ganz genau konzentrisch eingespannt wird (es geht hier nur um einige Mikrometer!). Durch eine exzentrische Einspannung ergibt sich aber, daß der Lesekopf in jedem Feld einen etwas anderen Spurbereich erfaßt und damit in allen Fel-

dern unterschiedliche Amplituden gemessen werden. Der Fehler einer exzentrischen Einspannung kann bei der BASF Justagediskette ganz leicht eliminiert werden. Man braucht nur die Spurbewegung für zwei gegenüberliegende Felder (SA1 und SA4) zu bestimmen und aus ihnen den Mittelwert (SAM) zu bilden:

$$SAM = (SA1 + SA4) / 2$$

Da jeder Sektor 60 Grad lang ist, liegen sich Felder dann gegenüber, wenn sie die gleiche Feldnummer haben und sich die Sektornummern um drei unterscheiden (z.B. liegen sich Feld 4 in Sektor 1 und Feld 4 in Sektor 4 gegenüber). Bei der Mittelwertbildung muß das Vorzeichen immer mit berücksichtigt werden.

4.2.2. Spurbewegung-Simulation

Um sich die Vorgänge bei der Spurbewegung leichter vorstellen zu können, wurde ein Simulationsprogramm geschrieben. Das Programm simuliert die Messung der Spurbewegung mit der Justagediskette und gibt auf dem Bildschirm das Bild aus, das man bei der Messung auf dem Oszillographen sehen würde. Wenn man für die Spurbewegung unterschiedliche Werte eingibt, sieht man sehr leicht, wie die verschiedenen Oszillographenbilder bei der Justage zustande kommen. Die Bilder 10 bis 12 wurden übrigens auch mit diesem Programm generiert.

Das Simulationsprogramm, das auf der Pecker Sammeldiskette #22 enthalten ist, wird von Diskette mit dem Befehl „RUN SPURJUSTAGE.SIMULATION“ gestartet. Nach einer kurzen Zeit zur Initialisierung des Programms müssen Spurbewegung und Exzentrizität eingegeben werden. Beide Werte werden in Mikrometer eingegeben und dürfen den Wert 500 nicht überschreiten (dies entspricht dem Abstand zwischen zwei Spuren bei 48 tpi). Wenn die Exzentrizität ungleich Null ist, so muß auch noch ein Winkel eingegeben werden. Dieser Winkel, der einen Wert zwischen 0 und 360 (Grad) haben darf, definiert den Abstand zwischen dem simuliertem Triggerpunkt (dem Anfang der Kurven) und dem Maximum der Exzentrizität. In der oberen Hälfte des Bildschirms wird die Spurbewegung der einzelnen Felder dargestellt. Darin eingeblendet wird die Bahn, die der Lesekopf relativ zur Aufzeichnung bestreicht. In der unteren Hälfte des Bildschirms wird das Oszillographenbild simuliert, das man bei der Justage sieht. Nachdem die Bilder gezeichnet wurden, kann zwischen den folgenden Funktionen ausgewählt werden:

- 1 – Darstellung der HGR Seite 1 auf dem Bildschirm
- 2 – Darstellung der HGR Seite 2 auf dem Bildschirm
- K – Kopieren der HGR Seite 1 in die HGR Seite 2
- N – Ausgabe eines neuen Bildes (erfolgt immer in HGR Seite 1)
- D – Ausdrucken des momentan dargestellten Bildes
- B – Rückkehr nach BASIC

Nach Anwahl der Funktion 1 oder 2 wird außerdem unter den beiden Bildern noch die Aufteilung in die sechs Sektoren gezeigt.

Mit den verfügbaren Funktionen kann man z.B. zuerst ein Bild in Spurbewegung ausgeben und von der HGR Seite 1 in die Seite 2 kopieren. Danach gibt man ein Bild mit einer Spurbewegung aus. Mit den Tasten „1“ und „2“ kann man dann sehr schnell zwischen den beiden HGR Seiten hin- und herschalten und sieht so, wie sich das Oszillographenbild ändern würde, wenn man den Lesekopf geringfügig aus der Spurbewegung verschiebt.

Wenn das Programm zu langsam läuft, der kann es ohne Änderungen mit dem TASC-Compiler compilieren. Dabei darf jedoch nicht die Standard-Speicherkonfiguration benutzt werden, sondern als Programm-Adresse muß „HGR2“ eingegeben werden. Die Warnung während des Compilierens, daß die Zeile 1120 ignoriert wird, hat keine Bedeutung, da der LOMEM-Befehl nur benötigt wird, wenn das Programm vom Interpreter ausgeführt wird.

4.2.3. Überprüfung der Spurbewegung

Bevor mit der Messung begonnen werden kann, muß der erforderliche Meßaufbau zusammengestellt werden. Der benötigte Oszillograph muß folgendermaßen angeschlossen und eingestellt werden:

- Y-Eingang: Anschluß eines 1:1 Tastkopfes an Testpunkt TP8 oder TP9 (s. Bild 1). Masse des Tastkopfes an Testpunkt TP3. (Wenn der verwendete Oszillograph zwei Y-Eingänge hat und die Möglichkeit besteht, die beiden Kanäle voneinander abzuziehen (einen Kanal invertieren und die Kanäle addieren), ist es günstiger, die beiden Eingänge an die Testpunkte TP8 und TP9 anzuschließen und die Differenz der beiden Signale zu messen.)
- Kopplung: AC (Wechselspannung)
- Eingangsempfindlichkeit: 50 Millivolt pro Skalenteil. (Wenn der verwendete Oszillograph eine Eingangsempfindlichkeit von 5 mV pro Teilung hat, so ist es günstiger, diese Empfindlichkeit zu wählen und anstatt der 1:1 Tastköpfe 10:1 Tastköpfe zu verwenden.)
- Zeitablenkung: 20 msec pro Skalenteil.

– Trigger: Externer Trigger – Anschluß an den Utility-Strobe-Ausgang des Apple (Game I/O Stecker Stift 5). (Bei Laufwerken, die über eine Index-Erkennung verfügen, kann statt dessen auch das Index-Signal benutzt werden. Bei der 34 poligen „Shugart-Schnittstelle“ ist dies Anschluß 8.)

Zur Überprüfung aller Anschlüsse und zur optimalen Einstellung des Oszillographen sollte zunächst mit einer normalen (leeren!) Diskette „geübt“ werden, um ein versehentliches Löschen der teuren Justagediskette zu vermeiden. Mit Hilfe des DISKTEST-Programms wird das zu justierende Laufwerk auf Spur 16 positioniert und diese Spur mit einem Flußwechselabstand von 4 μ sec beschrieben. Nachdem dann der J-Befehl gegeben wurde, muß der Lautsprecher des Apple ein periodisches „Klicken“ abgeben und der Oszillograph ein Triggersignal bekommen. Der Oszillograph muß dann ein breites Band mit einer Amplitude von ca. 300 mVss zeigen. (Wegen der niedrigen Ablenkgeschwindigkeit sieht man nicht die einzelnen Schwingungen des Lesesignals.) Helligkeit, Trigger, Horizontal- und Vertikalposition können mit der Übungsdiskette in aller Ruhe auf optimale Werte eingestellt werden.

Das Laufwerk kann jetzt ausgeschaltet und die Justage-Diskette eingelegt werden. Nach Wiedereinschalten des Laufwerks und erneutem J-Befehl muß der Oszillograph einen dem Bild 10 oder Bild 11 ähnlichen Signalverlauf zeigen. Da normalerweise kein Strom durch den Schrittmotor fließt, wird der Schreib-/Lesekopf nicht in seiner Position festgehalten, und man kann durch vorsichtiges Drehen an der Spiralscheibe den Kopf in unterschiedliche Positionen bringen.

Bei Triggerung mit dem DISKTEST-Programm beginnt das Oszillographenbild immer mit den **Orientierungsfeldern** (Feld 1 bis 3). Man erkennt die Orientierungsfelder sehr leicht daran, daß die drei Felder immer gleichsinnig in der Amplitude zu- oder abnehmen, wenn der Kopf bewegt wird, und Feld 2 immer eine größere Amplitude hat als die Felder 1 und 3. Wenn die Felder 1 bis 3 die größte Amplitude haben, steht der Kopf auf Sollspurlage. Da die Einstellung auf ein Maximum aber nie sehr genau ist (z.B. auch in der Funkpeilung), werden zur Justage die Felder 4 und 5 benutzt. Wenn man die Kopfposition leicht verändert, sieht man, daß sich die Amplitude der beiden Felder gegenläufig ändert. Wenn die Amplitude von Feld 4

zunimmt, nimmt die von Feld 5 ab und umgekehrt. Wenn beide Amplituden gleich groß sind, ist der Kopf wieder auf Sollspurlage. Man merkt jedoch sehr deutlich, daß die Einstellung mit den Feldern 4 und 5 viel genauer ist als mit den Feldern 1 bis 3.

Zur Überprüfung der Spurlage ist es nicht erforderlich, die absolute Spurbewegung auszurechnen, sondern es reicht festzustellen, ob die Abweichung innerhalb einer vorgeschriebenen Toleranzgrenze liegt. Deshalb braucht man auch nicht die oben angegebene Formel zu benutzen, sondern kann ein einfacheres Verfahren verwenden.

Vor Beginn der Messung muß zunächst der Kopf wieder mit dem Schrittmotor auf eine definierte Position gebracht werden, falls er von Hand verschoben wurde. Dazu wird am besten der Kopf zuerst mit dem 0-Befehl auf Spur 0 und dann mit dem P-Befehl wieder auf Spur 16 positioniert. Wenn der Kopf auf der richtigen Position steht und der Trigger mit dem J-Befehl wieder eingeschaltet wurde, muß der Oszillograph richtig eingestellt werden. Die Zeitablenkung sollte jetzt auf 10 msec eingestellt werden und mit der variablen Zeitbasis so, daß – wie in Bild 12 gezeigt – ca. 3 1/2 Sektoren auf dem Schirm sichtbar sind. Dadurch wird erreicht, daß der Oszillograph bei jeder Umdrehung getriggert wird, was ein besseres Bild zur Folge hat.

Danach werden aus dem Schirmbild die in **Bild 12** markierten Amplitudenwerte U14 und U15 (Sektor 1 Feld 4 und 5) durcheinander geteilt. Ein Wert zwischen 0,5 und 2 – das entspricht einer Spurbewegung von maximal 50 μ m – bildet die Toleranzgrenze für die Spurlage.

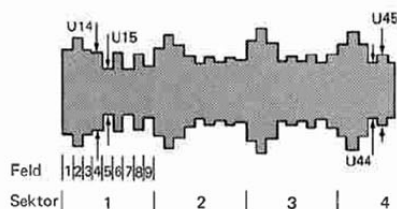


Bild 12: Spurposition – Oszillographenbild

Zum genauen Ablesen verschiebt man am besten die horizontale Position des Oszillographenbildes so, daß sich das jeweilige Feld auf der vertikalen Skala in der Mitte des Schirmes befindet. Wenn der verwen-

dete Oszillograph eine variable Y-Verstärkung hat, stellt man am besten die Amplitude des größeren Feldes (4 oder 5) auf einen geraden Skalenwert (z.B. 4 Skalenteile) ein. Das kleinere der beiden Felder muß jetzt mindestens die halbe Amplitude (z.B. 2 Skalenteile) haben. Wenn der Oszillograph keine variable Y-Verstärkung hat, muß man die Werte für U14 und U15 ablesen und durcheinander teilen. Da sich bei der Teilung die Einheiten herauskürzen, ist es nicht erforderlich, die Spannungen in Volt auszurechnen, sondern man kann vielmehr direkt in Skalenteilen rechnen. Das Ergebnis der Rechnung muß zwischen 0,5 und 2 liegen.

Wenn das Verhältnis zwischen geraden und ungeraden Feldern in allen Sektoren gleich ist (d.h. wenn die Diskette nicht exzentrisch eingespannt ist), sind keine weiteren Messungen erforderlich. Wenn eine der obigen Bedingungen, die aus den Justagevorschriften der BASF abgeleitet wurden, eingehalten wird, ist die Spurlage des Laufwerks genau genug und eine Korrektur der Justage nicht erforderlich. Da von der Firma Apple keine Informationen zu erhalten waren, sollte man für das Apple Laufwerk wohl von den gleichen Werten ausgehen.

Die Überprüfung der Spurlage wird etwas schwieriger, wenn nicht – wie in Bild 11 gezeigt – das Verhältnis zwischen geraden und ungeraden Feldern in allen Sektoren gleich ist. Bild 12 zeigt einen solchen Fall, bei dem sich das Verhältnis von Feld zu Feld ändert. Dies kommt daher, daß die Diskette nicht genau konzentrisch eingespannt war (30 μ m Exzentrizität und 5 μ m Abweichung). Eine Exzentrizität kann auftreten, wenn das Innenloch der Diskette etwas größer als die Aufnahme des Laufwerks ist, wenn die Diskette bei der Einspannung nicht genau zentriert wird oder wenn die Spindel des Laufwerks nicht exakt rund läuft. Wenn dies der Fall ist, sollte man zunächst versuchen, durch mehrmaliges Öffnen und Schließen der Frontklappe (ggf. bei laufendem Motor) eine konzentrische Einspannung der Diskette zu erreichen.

Wenn dies nicht gelingt, muß man die obige Prüfung in den Sektoren 1 und 4 nacheinander machen. Wenn in beiden Sektoren die angegebene Bedingung erfüllt wird, ist die Spurlage auch in Ordnung. Wenn jedoch in einem oder beiden Sektoren die Bedingung nicht erfüllt wird, muß folgende Rechnung gemacht werden:

$$x = \frac{U14 \cdot U44}{U15 \cdot U45}$$

Durch diese Rechnung wird der Fehler ausgeglichen, der sich aus einer exzentrischen Einspannung ergibt. Wenn der Wert für X zwischen 0,25 und 4 liegt, ist die Spurlage auch in Ordnung.

Bei der Überprüfung der Spurlage muß noch ein weiterer Effekt beachtet werden, nämlich die **Hysterese** des Positioniersystems. Wegen der mechanischen Reibung innerhalb des Positioniersystems ist die genaue Kopfposition etwas unterschiedlich, je nachdem, aus welcher Richtung der Kopf auf die gewünschte Position fährt. Deshalb sollte man bei der Überprüfung der Spurlage (und bei einer eventuellen Justage) zwei Messungen machen. Vor der ersten Messung sollte der Kopf mit dem A-Befehl auf Spur 15 und dann mit dem I-Befehl wieder auf Spur 16 positioniert werden. Vor der anderen Messung wird der Kopf zuerst mit dem I-Befehl auf Spur 17 und dann mit dem A-Befehl wieder auf Spur 16 positioniert. Dadurch wird erreicht, daß der Kopf für beide Messungen aus unterschiedlicher Richtung auf Spur 16 fährt. In beiden Fällen soll die Spurlage innerhalb der vorgeschriebenen Toleranz liegen.

4.2.4. Korrektur der Spurlage

Die Spurjustage ist ziemlich schwierig und erfordert einige Geduld und Übung. Sie sollte deshalb nur vorgenommen werden, wenn die Spurlage eindeutig außerhalb der vorgeschriebenen Toleranz liegt.

Zur Korrektur der Spurlage werden die zwei Schrauben gelöst, die den Schrittmotor halten. Durch Drehen des Schrittmotors kann dann die genaue Spurposition beliebig verändert werden. Dabei ist zu beachten, daß beim Verdrehen des Motors der Kopf nicht entsprechend mitbewegt wird, da der Schrittmotor nicht ständig bestromt wird. Vielmehr werden kurz nach jedem Positionieren alle Phasen wieder abgeschaltet. Nach Verdrehen des Motors muß der Kopf also erst durch erneutes Positionieren (auf Spur 0 und dann Spur 16) auf die vom Schrittmotor kontrollierte Position gebracht werden. Um das ständige erneute Positionieren nach jeder Verdrehung des Motors zu vermeiden, ist es auch möglich, das DISKTEST-Programm durch Einfügen von 10300 POKE 37115,96 (s. Abschnitt 5) so zu ändern, daß der Schrittmotor ständig bestromt ist und der Kopf bei jeder Drehung des Schrittmotors entsprechend mitbewegt wird.

Zur Justage wird der Schrittmotor einfach so lange verdreht, bis der Kopf die Sollspurlage erreicht hat. Die Justage sollte so

genau wie möglich vorgenommen werden, d.h. die geraden und ungeraden Felder sollten möglichst gleich sein. Auf jeden Fall soll die Justage genauer als die Überprüfung sein. Wenn das größere der beiden Felder 4 Skalenteile groß ist, dann sollte das kleinere mindestens 3,5 Skalenteile groß sein, was einer Abweichung von maximal 10 µm entspricht. Wenn dies erreicht ist, muß der Schrittmotor festgeschraubt und damit die Justage fixiert werden.

Dieses Verfahren hat zwei Nachteile. Erstens verdreht sich der Schrittmotor beim Festschrauben meist noch geringfügig und zweitens entspricht die beim Verdrehen des Schrittmotors erreichte Position nicht genau der nach dem Positionieren erreichten Position. Meist geht die Justage mit dem folgenden Verfahren schneller und genauer:

- Schrittmotor lösen
- Schrittmotor verdrehen
- Schrittmotor festschrauben
- neu positionieren
- Spurlage überprüfen

Nach einigen Versuchen (ggf. mit Markierungen am Gehäuse und den Schrittmotorflanschen) bekommt man ein Gefühl, um wieviel und in welcher Richtung man den Schrittmotor drehen muß, um auf die richtige Position zu kommen.

5. Tips zur Fehlersuche

In diesem Abschnitt sollen einige Tips zur Fehlersuche gegeben werden, für den Fall, daß das Disketten-System einmal seinen Dienst versagt.

Als erstes sollte durch Benutzung einer anderen DOS-Diskette, durch Verwendung eines anderen Controllers und Anschluß eines anderen Disketten-Laufwerks sichergestellt sein, daß der Fehler wirklich im Laufwerk und nicht in einer anderen Komponente liegt.

Bevor das Laufwerk für die nachfolgenden Untersuchungen geöffnet wird, sollte dann noch der Aufbau des Systems untersucht werden. Manche Laufwerke sind nämlich sehr empfindlich gegen magnetische Einstrahlungen. Bei solchen Laufwerken treten häufig Lesefehler auf, wenn sie in unmittelbarer Nähe des Monitors (Fernseher) betrieben werden. Wenn das Laufwerk etwas von der Störquelle entfernt wird, sind diese Fehler mit einem Schlag verschwunden.

Wenn die Maßnahmen bis dahin nicht erfolgreich waren, ist es für die weiteren

Untersuchungen erforderlich, das Laufwerk zu öffnen (siehe Abschnitt 1). Nach Öffnen des Laufwerks sollte als erstes nachgemessen werden, ob alle Versorgungsspannungen vorhanden sind und innerhalb der angegebenen Grenzen liegen:

+ 5 V: + 4,75 V bis + 5,25 V
+12 V: +10,00 V bis +13,20 V
-12 V: -10,00 V bis -13,20 V

Die Messung erfolgt am besten jeweils an den beiden Anschlüssen der Kondensatoren C4 (+5 V), C2 (+12 V) und C5 (-12 V). Die angegebenen Grenzen sollen sowohl bei ein- als auch bei ausgeschaltetem Laufwerk nicht überschritten werden. Da der größte Stromverbrauch beim Anlaufen des Motors auftritt, sollte durch einen besonderen Test überprüft werden, ob die +12 V-Spannung nicht beim Anlaufen des Motors zusammenbricht. Hierzu dient das Programm MOTORTTEST, das das Laufwerk ständig ein- und ausschaltet. Da Meßinstrumente im allgemeinen zu träge sind, um kurzzeitige Spannungseinbrüche zu messen, sollte zur Messung ein Oszillograph verwendet werden. Als Trigger erzeugt das Programm einen Impuls am Utility-Strobe-Ausgang (Game I/O Stecker Stift 5).

Das MOTORTTEST-Programm erzeugt in Zeile 180 zuerst den Triggerimpuls und dann einen kurzen Impuls zum Einschalten des Laufwerks. Die Einschaltzeit wird durch ein Monoflop auf der Controllerkarte bestimmt. Durch Exemplarstreuungen kann diese Zeit unterschiedlich groß sein. Zum Ausgleich kann die Wartezeit in Zeile 190 so verändert werden, daß Ein- und Ausschaltzeit ungefähr gleich groß sind.

Wenn bei einem System alle Slots bestückt sind und das Netzteil zu schwach ist, können eine oder mehrere Spannungen unter die angegebene Grenze absinken, was zu Fehlern des Diskettenlaufwerks und/oder anderer Systemkomponenten führen kann. Dies tritt insbesondere bei Verwendung von Nicht-Apple-Laufwerken auf, da diese oft einen höheren Stromverbrauch als Original-Apple-Laufwerke haben. In einem solchen Fall muß entweder ein stärkeres Netzteil verwendet werden oder die Diskettenlaufwerke müssen aus einem separaten Netzteil gespeist werden.

Für die weiteren Untersuchungen sollte das DISKTEST-Programm benutzt werden, das von einem zweiten Laufwerk oder Kassette geladen werden kann.

Läuft der Motor, sollte als nächstes die Drehzahl überprüft werden (siehe Abschnitt 4.1). Wenn die Überprüfung mit dem DISKTEST-Programm (wegen eines Fehlers im Schreib- oder Lesekreises) nicht möglich ist, ist zunächst eine grobe Überprüfung mit der auf der großen Riemenscheibe aufgeklebten Stroboskopscheibe möglich. Wenn die Stroboskopscheibe mit künstlichem Licht (am besten mit einer Leuchtstoffröhre) beleuchtet wird, so dürfen sich bei laufendem Motor die Striche des inneren (mit „50“ bezeichneten) Rings scheinbar gar nicht oder nur ganz langsam bewegen. (Nach Reparatur des Schreib-/Lesekreises sollte die Drehzahl-

Durch den Befehl PH=1 wird die Positionierung auf Halbspur-Betrieb umgestellt. Die Änderung des Speicherplatzes 37115 bewirkt, daß die Phasen nach dem Positio-

Apple Computer Inc., Apple II, The DOS
Manual, Disk Operating System
BASF 6106/6108, Mini Disk Drive, Techni-
cal Manual, Part No. 80307-050
BASF AG, Specification and Description,
BASF CE-FlexyDisk 5,25 130 mm for track
adjustment, amplitude control and index
sensor alignment
SGS, Datenblatt ULN2003A
SONY, Datenblatt CX-065B

```

1000 REM Disketten Spurjustage Simulation
1010 REM
1020 REM
1030 :
1100 IF PEEK (104) > 95 GOTO 1130
1110 IF PEEK (176) > 31 THEN STOP
1120 LOMEM: 24576
1130 GOSUB 2000
1140 :
1200 FOR X = 0 TO 269
1210 K0 = KL-INT (EX * C0(X + WI) + 0.5)
1220 S0 = SL(X):D = K0 - S0:KU = K0 + SB
1230 A = INT ((S8 - ABS (D)) * A(X))
1240 IF A < 0 THEN A = 0
1250 HPL0T X,S0 TO X,S0 + SB
1260 IF D < 0 OR KU < 0 OR K0 > 79 GOTO 1290
1270 IF K0 >= 0 THEN XDRAW 1 AT X,K0
1280 IF KU < 80 THEN XDRAW 1 AT X,KU
1290 HPL0T X,N2 - A TO X,N2 + A: NEXT
1300 FOR X = 0 TO 270 STEP 45
1310 HPL0T X,170 TO X,180: NEXT
1320 :
1400 PRINT "1/2=Bild * K=Kopieren: N=Neues Bild: ";
1510 B$ = "12KNDB": GET E$
1520 FOR B = 1 TO 6 IF E$ = MID$(B$,B,1) GOTO 1540
1530 NEXT: CALL -190: GOTO 1510
1540 ON B GOTO 1550,1559,1560,1590,1600,1680
1550 POKE HM,0:S = B: POKE HS + S - 1,0 GOTO 1510
1560 POKE HS,0: POKE 60,0: POKE 61,32
1570 POKE 62,255: POKE 63,63: POKE 66,0: POKE 67,64
1580 CALL 774:S = 2: GOSUB 3110:S = 1: GOTO 1510
1590 GOSUB 3000: GOTO 1200
1600 POKE: PRINT
1610 PRINT CHR$(4): "Pr41": PRINT CHR$(9): "80N"
1620 PRINT CHR$(9): "C1": IF S = 2 THEN PRINT "2":
1630 PRINT: PRINT
1640 PRINT "Spurabweichung: "; SA(S) * 10; " micrometer"
1650 PRINT "Exzentrität: "; EX(S) * 10; " micrometer"
1660 IF EX(S) < 0 THEN PRINT "Winkel: "; EW(S); " Grad"
1670 PRINT CHR$(4): "Pr00": VTAB 21: GOTO 1500
1680 TEXT: HOME: END
1690 :
2000 TEXT: HOME: SPEED=100: HTAB 4: INVERSE
2010 PRINT "DISKETTEN SPURJUSTAGE SIMULATION"
2020 NORMAL: PRINT: HTAB 6
2030 PRINT "":

```

```

100 REM Diskenenlaufwerk-Motortest
110 INPUT "Steckplatz: " : SN
120 IF SN < 1 OR SN > 7 GOTO 110
130 INPUT "Laufwerk: " : LN
140 IF LN < 1 OR LN > 2 GOTO 130
150 SA = 12 * 4096 + (8 + SN) * 16 : REM Steckplatz-Adresse
160 HV = PEEK (SA + 9 + LN) : REM Laufwerk auswählen
170 REM Trigger ausgeben und Laufwerk einschalten
180 HV = PEEK (49216) + PEEK (SA + 9) + PEEK (SA + 8)
190 FOR I = 0 TO 3000 : NEXT : GOTO 180

```


Tabelle 1: Controller-Schnittstelle

Kontakt	Signal	Funktion (englisch)	Funktion (deutsch)
1	GND	Ground	Masse
2	Phi0	Phase 0	Phase 0
3	GND	Ground	Masse
4	Phi1	Phase 1	Phase 1
5	GND	Ground	Masse
6	Phi2	Phase 2	Phase 2
7	GND	Ground	Masse
8	Phi3	Phase 3	Phase 3
9	-12	-12 Volt	-12 Volt
10	-WR REQ	Write Request	Schreib-Befehl
11	Vcc	+5 Volt	+5 Volt
12	Vcc	+5 Volt	+5 Volt
13	+12	+12 Volt	+12 Volt
14	-ENBL	Enable	Freigabe
15	+12	+12 Volt	+12 Volt
16	RD DATA	Read Data	Lese-Daten
17	+12	+12 Volt	+12 Volt
18	WR DATA	Write Data	Schreib-Daten
19	+12	+12 Volt	+12 Volt
20	W PROT	Write Protect	Schreibschutz

Tabelle 2: Mechanik-Schnittstelle

Kontakt	Stecker	Signal	Funktion (englisch)	Funktion (deutsch)
A	---	---	---	---
1	---	---	---	---
B	rot	ACT LED	Activity LED	Betriebsanzeige
2	schwarz	GND	Ground	Masse (Betriebsanzeige)
C	Klammer	---	---	---
3	Klammer	---	---	---
D	schwarz	W PROT	Write Protect	Schreibschutz-Schalter
4	braun	W P RET	Write Protect Return	Schreibschutz-Schalter Rückleitung
E	---	---	---	---
5	---	GND	Ground	Masse
F	---	---	---	---
6	---	GND	Ground	Masse
H	---	---	---	---
7	---	---	---	---
J	---	---	---	---
8	---	GND	Ground	Masse
K	orange	-MTR ON	Motor On	Motor ein
9	---	---	---	---
L	---	---	---	---
10	---	+12V * ENBL	+12 Volt	+12 Volt (bei Freigabe)
M	braun	PhiC	Phase C	Phase C
11	rot	+12V * ENBL	+12 Volt	+12 Volt (PhiA und PhiC)
N	orange	PhiD	Phase D	Phase D
12	rot	+12V * ENBL	+12 Volt	+12 Volt (PhiB und PhiD)
P	schwarz	PhiA	Phase A	Phase A
13	braun	+12V	+12 Volt	+12 Volt (Motorregelung)
R	gelb	PhiB	Phase B	Phase B
14	schwarz	GND	Ground	Masse (Motorregelung)
S	Klammer	---	---	---
15	Klammer	GND	Ground	Masse

Tabelle 3: Motorregelungs-Schnittstelle

Stift	Farbe (engl.)	Farbe (deutsch)	Signal	Funktion (englisch)	Funktion (deutsch)
BN	brown	braun	+12V	+12 Volt	+12 Volt
O	orange	orange	-MTR ON	Motor On	Motor ein
BK/BU	black	schwarz	GND	Ground	Masse
	blue	blau	GND	Ground	Masse
(Drive-Motor) (Antriebsmotor)					
G	green	grün	TG1	Tacho-Generator	Tacho-Generator (Anschluß 1)
Y	yellow	gelb	TG2	Tacho-Generator	Tacho-Generator (Anschluß 2)
R	red	rot	NOT	Drive-Motor	Antriebsmotor

Tabelle 4: Schreib-/Lese-Kopf-Schnittstelle

Kontakt	Signal	Funktion (englisch)	Funktion (deutsch)
1	R/W 1	Read/Write-Head 1	Schreib-/Lese-Kopf Anschluß 1
2	---	---	Stecker-Codierung
3	ERASE	Erase Head	Löscher-Kopf
4	CT	Center Tap	Mittelanzapfung
5	R/W 2	Read/Write-Head 2	Schreib-/Lese-Kopf Anschluß 2