

MOPPEL-
Floppy-Disk-Controller
Dokumentation

Der MOPPEL-Floppy-Disk-Controller

Zum Betrieb eines (oder mehrerer) Disketten-Laufwerke benötigen Sie folgende Ausstattung (vgl. Abschnitt 2 auf Blatt 11): **1. Interface-Karte** (FDC-Controller) zum Anschluß an den Mikrocomputer-Bus, **2. Kabel** für den Datentransfer und zur Stromversorgung; **3. Treiber-Software** zur Laufwerk-Ansteuerung und **4. Das Laufwerk** selbst. - Das MOPPEL-FDC-Interface ist sehr vielseitig ausgelegt und zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- * **Kein Abgleich erforderlich - problemloser Nachbau**
(Datenseparator und Schreib-Präkompensation integriert)
- * **Kapazität pro Diskette maximal 640 KB (formatiert!)**
(2 Seiten * 80 Spuren * 4 KBytes pro Spur)
- * **Doppelte Schreibdichte: 4 KBytes pro Spur (formatiert)**
(16 Sektoren pro Spur mit jeweils 256 Bytes Blocklänge)
- * **Doppelseitige Aufzeichnung möglich**
(je nach Laufwerk bis zu 80 Spuren pro Seite)
- * **Alle Standard-Laufwerke anschließbar**
(34polige Standard-Schnittstelle, 5.25"-kompatibel)
- * **Bis zu vier Laufwerke anschließbar**
(5.25"-Mini-Floppy oder 3.5"- bzw. 3"-Mikrofloppy)

Inhalt

0.	Kurzbeschreibung und Inhalt	1
1.	Aufgaben des Floppy-Interfaces	2
1.1	Erläuterung von Fachbegriffen	3
1.2	Disketten-Aufzeichnung (Grundlagen)	5
1.3	Aufzeichnungsverfahren (FM und MFM)	7
1.4	Datentransfer im Interrupt-Betrieb	9
2.	Voraussetzungen für den Disketten-Betrieb	11
3.	Schaltungsbeschreibung	13
3.1	Aufbau des Steuerbausteins WD1770	16
3.2	Steueranweisungen (WD1770-Befehlssatz)	18
3.3	Statuswort des WD1770	20
4.	Nachbau der Schaltung	21
4.1	Stückliste und Bestückungsplan	22
4.2	Baubeschreibung	24
4.3	Anschlußkabel für Datentransfer und Stromversorgung	26
4.4	Stromversorgung von Interface und Laufwerk	28
5.	Schaltungs-Inbetriebnahme und -Test	29
5.1	Parallelbetrieb von Floppy und Thermodrucker	31
6.	Handhabung und Betrieb	32
6.1	Software-Aufruf	33
6.2	Formatieren fabrikneuer Disketten	34
6.3	Block schreiben	36
6.4	Block lesen	38
6.5	Diskette kopieren	40
6.6	Batch-Vorspann erzeugen	41
6.7	Liste der Fehlermeldungen	43
7.	Randbedingungen der internen Unterprogramme	46
Anhang: Assembler-Listing der Treiber-Software (24 Blatt)		

1. Ein Steckbrief vom Floppy-Interface

Beim Einsatz eines Mikrocomputers tritt schnell das Problem auf, daß der systemeigene Arbeitsspeicher zu klein ist; außerdem will man sich seine Programme in der Regel konservieren, um sie jederzeit abrufbereit zur Hand zu haben. Für diese Fälle sind die sogenannten externen Massenspeicher geschaffen worden, von denen das Magnetband (in Form von Standard-Kompakt-Cassetten) und die Magnet-scheibe (in Form von Disketten) am weitesten verbreitet sind. Beide Peripheriegeräte, Magnetbandgerät und Disketten-Laufwerk, zeichnen die Informationen bitseriell auf (eins nach dem anderen, nicht etwa acht Bits parallel). Sie können die vom Computer gelieferten Daten aber nicht direkt aufnehmen bzw. diese direkt in den Computer übertragen. Zur Anpassung und Aufbereitung der Daten ist daher neben dem eigentlichen Peripheriegerät eine eigene Interface-Karte erforderlich (auch 'Controller' genannt).

Aufgabe des Floppy-Disk-Controllers (abgek. 'FDC') ist es, alle zur Verwaltung des Disketten-Laufwerks erforderlichen Signale zu erzeugen und die Parallel/Serien-Umsetzung der Daten (beim Schreiben) bzw. die Serien/Parallel-Umsetzung (beim Lesen) durchzuführen; d.h. der Computer übergibt an das Interface immer ganze Bytes mit jeweils acht Bits, und für die serielle Aufzeichnung müssen die Bytes in acht Einzelbits zerlegt werden, die dann nacheinander auf die Diskette geschrieben werden. Beim Lesen erfolgt der umgekehrte Vorgang, d.h. aus einzeln eintreffenden Bits müssen wieder Bytes zusammengesetzt werden, da der Computer mit fester 8-Bit-Wortlänge arbeitet.

Für diese scheinbar einfachen Aufgaben setzt man hochintegrierte ICs ein (FDC-Steuerbausteine), für die auch die Bezeichnung 'Controller' gebräuchlich ist, und die immer noch sündhaft teuer sind. Wenn Sie bedenken, daß der Datentransfer mit einer Übertragungsrate von 250000 Bits pro Sekunde (!) abläuft, dann können Sie sich vorstellen, daß so ein Steuerbaustein alle Hände voll zu tun hat! Neben dem eigenständig arbeitenden Verwaltungs-IC sind für das komplette Interface nur noch wenige ergänzende ICs erforderlich, die im wesentlichen die Treiber-Leistung zur Laufwerk-Steuerung bereitstellen, und die der Interface-Karte einen eigenen Adreßbereich im Computer-System zuweisen.

Zusätzlich zur Interface-Karte benötigt ein Disketten-Laufwerk eine eigene Stromversorgung von +5 V (für die Elektronik) und +12 V (für den Antriebs- und den Schrittmotor; vgl. Abschnitt 4.4 auf Blatt 28).

1.1 Kurz und knapp: Fachbegriffe um die Diskette herum

Diese Erläuterung von Fachbegriffen hat selbstverständlich allgemeingültigen Charakter, d.h. sie beschränkt sich nicht nur auf das für den MOPPEL entwickelte Floppy-Disk-Interface.

Das Speichermedium ist die sogenannte **Diskette** (vom griechischen "Scheibe" abgeleitet), für die mehrere populäre Bezeichnungen üblich sind; meist stammen die von Warenzeichen oder sind davon abgeleitet (z.B. "Floppy-Disk" oder FlexyDisk"). Diese Magnetscheiben sind in verschiedenen Größen verfügbar: Solche mit 8 Zoll Durchmesser (ca. 20 cm, die sogenannten **Maxi-Disketten**), vornehmlich für den professionellen Einsatz, die 5.25-Zoll-Disketten (ca. 135 mm Durchmesser, **Mini-Disketten**), bevorzugt im Hobby-Bereich vorzufinden, und in jüngster Zeit setzen sich immer mehr die **Mikro-Disketten** durch (3.5-Zoll- bzw. 3-Zoll-Durchmesser, entsprechend 90 bzw. 75 mm). Sie nehmen es hinsichtlich Speicherkapazität nicht nur mit ihren größeren Kollegen auf, sondern übertreffen diese oft sogar noch. - Anders als ein Plattenspieler kann ein Disketten-Laufwerk immer nur eine einzige Scheibengröße verarbeiten, d.h. darauf schreiben oder davon lesen.

Die runden Disketten sind fest in quadratischen Papp- oder Plastiktaschen verpackt, in denen sie beim Betrieb rotieren. Dazu sind Löcher in die Umhüllung gestanzt, durch die die Laufwerksteuerung zugreifen kann. Für den Antrieb der rotierenden Diskette ist der Laufwerk-Motor zuständig. Pro Umdrehung passiert das sogenannte **Indexloch** (Ausstanzung in der Diskette) eine Lichtschranke, wodurch ein Impuls zur Synchronisation der Schreib- und Lesevorgänge ausgelöst wird (**Indexpuls**).

Das Schreiben und Lesen erfolgt, ähnlich wie bei einem Tonbandgerät, über einen Magnetkopf, der zum **Positionieren** seitlich verschoben werden kann. Die Geschwindigkeit, mit der sich der Schrittmotor bewegen läßt, ist eine typische Kenngröße für ein Laufwerk. Sie wird gekennzeichnet durch die minimale Zeitdifferenz, mit der zwei Schritt-Impulse aufeinander folgen dürfen (**Stepping Rate** in Millisekunden).

Ehe man auf eine fabrikneue Diskette Daten überschreiben kann, muß man die Diskette **formatieren**, d.h. sie mit (unsichtbaren) Informationen beschreiben, die ein gezieltes Wiederauffinden der Daten ermöglichen. Beim Formatieren werden auf der Magnetscheibe ringförmige (konzentrische) **Spuren** angelegt, die, wie bei einer Torte, weiter in Abschnitte (**Sektoren**) unterteilt werden. Ein Sektor ist der kleinste ansprechbare Speicherblock auf der Diskette. Auch hierfür sind verschiedene Formate üblich, die Sektorlängen von 128...1024 Bytes verwenden. Das MOPPEL-Floppy-Interface formatiert mit der festen Sektorlänge von 256 Bytes (=eine **Page**).

Um den Kopf über einer bestimmten Spur zu **positionieren**, braucht man ihn nur geeignet seitlich zu verschieben. Innerhalb einer Spur laufen dann (bei rotierender Diskette) nacheinander die einzelnen Sektoren am Kopf vorbei, und aus der beim Formatieren aufgetragenen Kennung sind dabei jederzeit Spur- und Sektor-Nummer zu identifizieren. Die Anzahl der Spuren liegt, je nach Laufwerk, bei 30...80, und je nach Computer-Hersteller findet man 5, 10, 16 oder gar 18 Sektoren pro Spur. Das MOPPEL-Floppy-Interface verwendet (fest) 16 Sektoren pro Spur; es kann, je nach Laufwerk-Typ, 30...80 Spuren pro Disketten-Seite verarbeiten.

Die Datenaufzeichnung erfolgt nach einem speziellen Verfahren der **Frequenzmodulation** ('FM'), bei dem Informations- und Taktbits parallel übertragen werden; FM läßt "nur" eine Aufzeichnungsdichte von rund 110 Bits pro Millimeter Spurlänge zu (**einfache Schreibdichte**, abgek. 'SD' vom engl. 'Single Density'). Weiterentwickelte Aufzeichnungsverfahren (**modifizierte Frequenzmodulation**, 'MFM') erlauben es, doppelt so viele Daten auf der Diskette unterzubringen (**doppelte Schreibdichte**, abgek. 'DD' vom engl. 'Double Density'). Darüber hinaus bieten einige Laufwerke die Möglichkeit, die Disketten über je einen oben und unten angeordneten Kopf **beidseitig** (ohne Wenden) zu beschreiben. Damit ergeben sich je nach Laufwerk und Disketten-Material Speicherkapazitäten, die von 80 KBytes (einseitig, 40 Spuren, SD) bis zu 640 KBytes pro Diskette reichen (zweiseitig, 80 Spuren, DD).

Eine Diskette kann man gegen ungewolltes Überschreiben (bzw. Löschen) schützen, indem man eine dafür vorgesehene Kerbe überklebt (**Schreibschutz**, so ähnlich wie bei Kompakt-Cassetten die Plastiknase zum Herausbrechen).- Hinter der Abkürzung **FDD** verbirgt sich nichts anderes als 'Floppy Disc Drive', zu deutsch 'Floppy-Disk-Laufwerk'. Komplizierter wird es da bei **CRC**, was für 'Cyclic Redundancy Check' steht; das ist ein spezielles Prüfverfahren, das beim Datentransfer automatisch angewandt wird (vgl. Abschnitt 3.1 auf Blatt 16).- Unter einer **Bitzelle** hat man sich denjenigen Platz auf der Diskette vorzustellen, der für die Magnetisierung eines Bits (einschließlich etwaiger Taktinformationen) vorgesehen ist; es ist dabei sogar von Bedeutung, mit welcher Polarität die Magnetisierung beginnt, weil darin bereits ein Stück Information enthalten ist.

Beim Formatieren gehen bis zu 40% des verfügbaren Platzes auf der Diskette für die Spur- und Sektor-Informationen 'verloren'; diese scheinbare Verschwendung ist erforderlich, um mechanische Unzulänglichkeiten (z.B. Drehzahlschwankungen der Motoren) auszugleichen. Aus diesem Grund fügt man an verschiedenen Stellen sogenannte **Gaps** ein (dt. 'Lücken'), in denen ein Bitmuster steht, das ausschließlich zur Synchronisation zwischen Controller-Baustein und Laufwerk dient.

1.2 Hier wird es technisch: Grundlagen der Aufzeichnung

Die hier zusammengetragenen Details über die technischen Feinheiten bei der Disketten-Aufzeichnung sind als Zugabe für all' diejenigen gedacht, die sich auch für die Hintergründe interessieren; natürlich müssen Sie diesen Abschnitt nicht unbedingt lesen, Ihre Floppy funktioniert deshalb nicht besser oder schlechter.

Die hier zusammengefaßten Aussagen sind in dieser Form allgemeingültig, was nicht heißt, daß es u.U. nicht doch Abweichungen bei einzelnen Herstellern gibt; letzten Aufschluß über das genaue Verhalten eines Laufwerks kann daher nur die Beschreibung des jeweiligen Herstellers geben. Alle Angaben beziehen sich auf doppelte Schreibdichte ('DD'), weil das MOPPEL-Floppy-Interface ausschließlich dieses Format bedient (mit fester Sektorlänge von 256 Bytes und fester Sektoranzahl von 16 Sektoren pro Spur).

Die Nenndrehzahl der rotierenden Scheibe beträgt 300 U/min, was fast zehnmal so schnell ist wie die Rotation einer Langspielplatte. Die dabei auftretende mechanische Beanspruchung nimmt so eine Diskette ganz schön mit, so daß der Antriebsmotor, wann immer möglich, ausgeschaltet werden sollte (die Treiber-Software sorgt beim MOPPEL dafür); Standard-Disketten haben, wenn sie nicht speziell auf Robustheit gezüchtet sind, eine Lebensdauer von rund 40 Stunden! Wer hier an der Qualität spart, kann eines Tages ein böses Erwachen erleben, wenn er ganze Datensätze nicht mehr von der Floppy herunterbekommt. Also: Bei den Disketten nur Markenfabrikate verwenden und darauf achten, daß sie sich mit doppelter Schreibdichte ('DD') beschreiben lassen.

Wie Sie bei der Erläuterung der Fachbegriffe (vgl. Blatt 3) bereits erfahren haben, wird die Diskette beim Formatieren mit Kennungs-Informationen beschrieben, die die Datenblöcke eines jeden Sektors einrahmen, und die das spätere Wiederauffinden bestimmter Stellen ermöglichen. Beim MOPPEL-Aufzeichnungsformat, das IBM-kompatibel gewählt worden ist, kommen auf einen Sektor mit 256 Datenbytes zusätzliche 116 Bytes für die Kennung sowie zur Kopf-Synchronisation der wahnsinnig schnell vorbeisausehenden Daten. Das ist ein ganz schön krasses Mißverhältnis von 116 Verwaltungsbytes, die auf 256 "richtige" Datenbytes kommen; zusammen mit dem pro Spur zusätzlich erforderlichen Verwaltungsaufwand läßt sich die vorhandene Speicherkapazität einer Diskette nur zu rund 60% für Daten nutzen, der Rest wird für Verwaltungsaufwand gebraucht!

Je nach Laufwerk lassen sich auf einer Diskette 40...80 Spuren ringförmig ineinander verschachtelt (konzentrisch) unterbringen. Bei einer 5.25"-Diskette ergibt sich dabei ein Spurabstand von ca. 0,5 mm (bei 40 Spuren), und die Datenbits liegen auf der innersten Spur knappe 5 µm (Mikrometer = Tausendstel-Millimeter!) auseinander. Bei 200 ms pro Umdrehung (300 U/min) und 6680 Bytes (=53440 Bits) pro Spur (16 Sektoren mit je 256 Bytes plus Verwaltungsaufwand) hat der Kopf demnach 4 µs Zeit, um ein einzelnes Bit, das unter ihm vorbeirotiert, aufzusammeln (einzulesen). Wenn Sie bedenken, daß die CPU für einfache Datentransportbefehle bereits einige Mikrosekunden benötigt, dann bekommen Sie eine Vorstellung von der erdrückenden Enge, die beim Datentransfer mit 250000 Bits pro Sekunde am Schreib-/Lese-Kopf herrscht.

Demzufolge werden an das Aufzeichnungsverfahren auch einige Anforderungen gestellt. Es genügt hier nicht, einfach die Nullen und Einsen eines Datenbytes nacheinander auf die Diskette zu schreiben (z.B. durch Ummagnetisieren bei HIGH und Nichtmagnetisieren bei LOW), weil bereits bei geringsten Drehzahlschwankungen die Synchronisation futsch wäre. Dies ist der Grund, warum man außer den Datenbits noch eine Taktinformation mitaufzeichnet, die für das zeitrichtige Einsammeln der Bits verantwortlich ist. Da für den Takt keine eigene Aufzeichnungsspur zur Verfügung steht, wird er mit den Datenbits verschachtelt übertragen. Diese verschachtelte Aufzeichnung von Daten- und Taktinformation findet bei der "normalen" Frequenzmodulation ('FM') statt, sie ermöglicht einfache Schreibdichte ('SD' vom engl. 'Single Density').

Bei der modifizierten Frequenzmodulation ('MFM') erreicht man die doppelte Aufzeichnungsdichte ('DD' vom engl. 'Double Density'), indem man den Takt wegläßt, gleichzeitig aber dafür sorgt, daß er beim Einlesen wieder generiert werden kann. Das geschieht dadurch, daß man die Datenbits innerhalb des ihnen zustehenden Platzes versetzt anordnet; d.h. ein Null- und ein Eins-Datenbit sind in einer Bit-Zelle an unterschiedlicher Stelle plaziert (weiter vor bzw. zurück gegenüber der Normanlage). Aus den unregelmäßig ankommenden Datenbits kann z.B. eine PLL-Schaltung ein kontinuierliches Taktsignal erzeugen, das eine originalgetreue Reproduktion des Aufzeichnungstaktes darstellt; und wenn man die versetzten Datenbits in regelmäßigen, vom Takt vorgegebenen Abständen abtastet, erhält man wieder die ursprünglichen HIGH- und LOW-Pegel. Halten wir an dieser Stelle fest, daß das weit verbreitete MFM-Aufzeichnungsverfahren die doppelte Informationsdichte zuläßt wie die einfache Frequenzmodulation ('FM'), was allerdings höhere Anforderungen an den Steuerbaustein stellt. MFM ist heute Stand der Technik, und daher bedient die MOPPEL-Treiber-Software ausschließlich dieses Format.

1.3 Ganz schön kompliziert: Das Aufzeichnungsverfahren

Wenn es Sie interessiert, wie die Verwaltungsinformationen vor und hinter einem Datenblock aussehen, dann erfahren Sie dies im vorliegenden Abschnitt. Hier spielt die MFM-Feinstruktur mit Bit-Zellen und versetzten Datenbits keine Rolle mehr, sondern wir betrachten an dieser Stelle immer nur ganze Bytes; daß diese in filigraner Kleinarbeit übertragen und aufgezeichnet werden, ist nach der Lektüre des vorigen Abschnitts eine Tatsache, mit der Sie leben. Das beschriebene Aufzeichnungsverfahren ist übrigens IBM-34-kompatibel.

Erstes Kriterium zum Auffinden einer bestimmten Spur (Kopf-Positionierung) ist die entsprechende Verschiebung des Schreib-Lese-Kopfes; die können Sie sich so vorstellen, daß man den Kopf zunächst auf Linksanschlag bringt (über die äußerste Spur Nr.00) und dann pro Spur einen Impuls an den Schrittmotor ausgibt, um die gewünschte Spur anzufahren. Das Positionieren dauert im Vergleich zur eigentlichen Datenübertragung übrigens eine Ewigkeit, in der sich der Antriebsmotor berappeln muß, und sich der Kopf nahezu im Zeitlupentempo bewegt. Während dieses Positionierens dreht sich die Diskette bereits munter mit ihrer Nenndrehzahl von 300 U/min, und pro Umdrehung entsteht dabei ein Indexpuls (jedesmal, wenn die Index-Lochung eine Lichtschranke passiert). Bis zum nächsten Index-Puls vergehen ziemlich genau 200 ms, und dies ist die Zeit, die zum Schreiben, Lesen oder Formatieren von 16 Sektoren plus rankendem Beiwerk bleibt (gemeint sind die zusätzlich erforderlichen Verwaltungsdaten). Vom Beginn des Indexpulses an ist der Floppy-Disk-Controller hellwach; alle folgenden Vorgänge beziehen sich auf dieses Signal.

Das beginnt beim Formatieren damit, daß nach Eintreffen des Indexpulses (einmalig pro Spur) 60 Bytes '4Eh' aufgezeichnet werden. Dieser Vorspann ('Gap 1', dt. 'Lücke', 'Zwischenraum') dient dazu, Drehzahlschwankungen und Unterschiede bei verschiedenen Disketten auszugleichen.

Alles, was jetzt kommt, wiederholt sich innerhalb einer Spur bei jedem der 16 Sektoren; jedem Sektor vorangestellt ist das sogenannte Identifikationsfeld (vom engl. 'ID-Field'), auf das das Datenfeld mit einem Block von 256 Bytes folgt; daran schließt sich ein Nachspann an ('Gap 3'), ehe das ID-Feld des nächsten Sektors folgt (vgl. übernächster Absatz).

Am Ende jeder Spur, also kurz vor Ablauf der zur Verfügung stehenden 200 ms, werden wiederum nur Fülldaten ('Gap 4') aufgezeichnet (im Schnitt 668 Bytes '4Eh'); während dieser Zeit wartet der Controller auf das Eintreffen des nächsten Indexpulses, und das Zwischenspiel der Lücke 4 gleicht wiederum Drehzahlschwankungen und Variationen unterschiedlicher Index-Lochungen aus.

Analysieren wir das Identifikationsfeld, das jedem Sektor vorausgeht. Es beginnt mit 12 Bytes '00h', während derer sich der Datenseparator synchronisieren kann. Es folgt die ID-Adreßmarke mit drei Bytes 'A1h' und einem Byte 'FEh', deren Aufzeichnung (als Kennung für den Controller) vom normalen Format abweicht. Danach kommt die eigentliche Kennung, bestehend aus den vier Bytes 'Spur-Nummer', 'Kopf-Nummer', 'Sektor-Nummer' und 'Sektorlänge'. Abgeschlossen wird dieser Vorspann durch zwei CRC-Bytes mit der Prüfsumme der ID-Daten, gefolgt von einem Zwischenspiel mit 22 Bytes '4Eh' ('Gap 2'; Ausgleich von Drehzahl- und Oszillatorschwankungen, Aufklaren des Kopfes für eine eventuell folgende Schreib-Operation).

Auch das anschließende Datenfeld beginnt mit 12 Bytes '00h', die es dem Datenseparator erneut ermöglichen, sich auf die folgende Daten-Adreßmarke einzustellen; mit Beginn dieses Synchronisationsabschnittes geht (bei einer Schreib-Operation) das WG-Signal ('Write Gate') auf HIGH. - Die Daten-Adreßmarke setzt sich wiederum aus drei Bytes 'A1h' zusammen, gefolgt von einem Byte 'FBh'. Und dann endlich ist der Weg frei für den eigentlichen Datenblock von 256 Bytes, die in geschlossener Formation folgen. Anschließend kommen zwei CRC-Bytes, die die Prüfsumme für das Datenfeld enthalten, und abgeschlossen wird das Ganze durch das Zwischenspiel Nr. 3 ('Gap 3'), das aus 54 Bytes '4EH' gebildet wird. Nach dem ersten '4EH' geht übrigens (bei einer Schreib-Operation) das WG-Signal wieder auf LOW. Diese dritte Lücke dient quasi zur Erholung für die Laufwerk-Elektronik, die sich während dieser Zeit auf das nächste ID-Feld einstellen kann. -

Dieser enorme Verwaltungsapparat ist nicht ohne Grund geschaffen worden. Er ermöglicht nicht nur das Auffinden eines einzelnen Sektors auf der Magnetscheibe, sondern trägt entscheidend dazu bei, daß Übertragungsfehler unmittelbar erkannt werden. Der Controller wiederholt in solchen Fällen einen Schreib- oder Lesevorgang, bis er keinen Fehler mehr detektiert (oder den Vorgang wegen Hoffnungslosigkeit abbricht, wenn ein Fehler permanent auftritt).

1.4 Zu guter Letzt auch noch ein Interrupt-Dauerfeuer

Bei den vorausgegangenen Schilderungen der Zeitabläufe ist mehr als einmal deutlich geworden, wie zeitkritisch der gesamte Ablauf doch ist; kommt der (speziell auf diese Aufgabe gezüchtete) Controller hier geschwindigkeitsmäßig auch noch mit, so streckt eine normale CPU bereits alle Vierzig von sich (im Gegensatz zum verzagenden Menschen hat die CPU bekanntlich 40 Anschlußbeine). Das bedeutet, daß sie mit normalen Abfrage- und Warteschleifen längst nicht mehr nachkommt, wenn es darum geht, Daten innerhalb weniger Mikrosekunden abzunehmen oder bereitzustellen. Das läßt sich nur noch im Interrupt-Betrieb bewerkstelligen, wozu beim MOPPEL die beiden Unterbrechungseingänge 'TRAP' und 'RST5.5' benutzt werden.

Der Datentransfer zwischen CPU und Floppy-Controller vollzieht sich dabei dergestalt, daß die Zentraleinheit nach erfolgter Datenübergabe bzw. Datenabnahme den HLT-Befehl ausführt, wonach sie in den HALT-Mode übergeht; in diesem Zustand ist sie total inaktiv und wird daraus erst wieder durch einen Interrupt-Impuls erlöst. Da der Interrupt schneller eintrifft als es ein laherer Abfrage- plus Sprungbefehl bewerkstelligen können, ist der Weg über Anhalten und Unterbrechen ein probates Mittel, der CPU auf die Sprünge zu helfen.

Sobald die Zentraleinheit mögliche Interrupts freigegeben hat, (Befehl 'EI' vom engl. 'Enable Interrupt', dt. 'Unterbrechungen freigeben'), führt ein Impuls am 8085-TRAP-Eingang zu einem unbedingten Sprung zur festliegenden Adresse 0024h, und ein Impuls an 'RST5.5' veranlaßt die CPU, zur ebenfalls festliegenden Adresse 002Ch zu springen. In beiden Fällen vollzieht sich dieser Sprung genauso wie ein Unterprogramm-Aufruf, d.h. die CPU merkt sich die gerade verlassene Stelle, um bei 'RET' wieder dorthin zurückspringen zu können. Jede externe Programmunterbrechung verlangt eine Bedienung durch die CPU, sonst wäre ja der Eingriff von außen sinnlos. Zur Bedienung der unterbrechenden Stelle sind eigene Unterprogramme vorgesehen (sogenannte 'Interrupt-Service-Routinen'), die aufgrund der beim 8085 festliegenden Struktur bei den Adressen 002Ch (betr. 'RST5.5') bzw. 0024h (betr. 'TRAP') beginnen müssen. Da dieser Bereich normalerweise mit ROM bestückt ist, legt man bei den Interrupt-Sprungzielen nur JMP-Befehle mit einer Zieladresse im RAM ab; dann kann der Anwender in diesem RAM-Zwischenspeicher weitere Sprungbefehle unterbringen, die endgültig zur eigentlichen Interrupt-Service-Routine führen.

Dieser Umweg über zwei Zwischensprünge dauert eine ganze Weile (einige Mikrosekunden, aber wenn's, wie hier, pressiert, sind die eben auch schon zu lang!), so daß dieser Weg beim 'TRAP' nicht möglich ist. In Ihrem Monitor-EPROM auf Platz #0 der CPU-Karte (EPROM rot) muß aus diesem Grund in Adresse 0024h der HEX-Code 'E9h' stehen (= 'PCHL'; 'überschreibe den Inhalt des Registerpaars H&L (Interrupt-Zieladresse) in den Programmzähler und setze die Programmausführung bei dieser neuen Adresse fort). Beim RST5.5-Einsprung (Adresse 002Ch) kann alles beim alten bleiben, d.h. hier können Sie den Sprung ins RAM belassen (der Weitersprung zur Interrupt-Service-Routine wird von der Treiber-Software automatisch geladen).

Die Auslösung der beiden Unterbrechungssignale übernimmt der Floppy-Disk-Controller; bei jeder Daten-Anforderung trifft ein 'TRAP' ein, woraufhin die CPU das nächste Datenbyte anliefern muß (beim Schreiben) bzw. ein eingelesenes und zusammengesetztes abrufen muß (beim Lesen). Dieser Interrupt trifft pro Datenbyte einmal ein, was das "Dauerfeuer" in der Überschrift sicherlich rechtfertigt. Dagegen gemütlich geht es beim RST5.5-Interrupt zu; der trifft immer nur dann ein, wenn der Controller eine Anweisung ganz abgeschlossen hat (z.B. Formatieren einer ganzen Spur, vgl. auch die WD1770-Steu-eranweisungen auf Blatt 18). Daher ist zur Bedienung dieses Inter-rupts auch ausreichend Zeit vorhanden, um auf dem Umweg über die ROM-Festadresse und das RAM zur Interrupt-Routine zu gelangen (sie ist Bestandteil der Treiber-Software im EPROM).

2. Die Basis für den Disketten-Betrieb

Das Floppy-Disk-Interface wurde für den Anschluß an den ECB-Bus konzipiert, und die mitgelieferte Treiber-Software ist für den 8085-Mikroprozessor geschrieben worden. Wenn Sie wollen, können Sie dieses Interface auch an jedem anderen Computer betreiben, und um Ihnen eine eventuell erforderliche Umverdrahtung der Busanschlüsse zu erleichtern, sind sämtliche Daten-, Adreß- und Steuerleitungen auf der Platine einzeln gekennzeichnet und mit vorbereiteten Trennbrücken versehen.

Um die Nachrüstung am MOPPEL vorzunehmen, müssen die nachfolgenden Voraussetzungen erfüllt sein; für andere Computer gelten diese Randbedingungen entsprechend. Selbstverständlich müssen Sie für den Betrieb von Disketten-Stationen nicht die technischen Detailbeschreibungen dieses Handbuches beherrschen; die sind hier nur mit aufgenommen worden, um die Dokumentation zu komplettieren.

1. Ihr Mikrocomputer muß mit **Bildschirm und ASCII-Tastatur** ausgestattet sein.
2. Es ist zwar keine Voraussetzung, aber beim Disketten-Betrieb doch ratsam, die **große Speicherkarte** mit einigen KBytes an RAM zur Verfügung zu haben; die Diskette nimmt riesige Datenmengen auf, und Ihr Computer muß zumindest einen Teil davon abnehmen können, damit das Ganze einen Sinn hat.
3. Im Monitor-EPROM auf Platz #0 der CPU (EPROM rot) muß in **Adresse 0024h das HEX-Byte 'E9h'** stehen; wenn dies nicht der Fall ist, müssen Sie Ihre EPROMs 'rot' und 'gelb' zum Umtausch einsenden. - Der Befehlscode 'E9h' gehört zum Befehl 'PCHL', der aus Gründen der schnelleren CPU-Reaktion direkt in Adresse 0024h stehen muß (vgl. ausführliche Erläuterung auf Blatt 9).
4. Auf Platz #2 der CPU-Karte muß das 2716er-EPROM eingesetzt sein, das die **Treiber-Software** für den Disketten-Betrieb enthält (dieses EPROM gehört zum Lieferumfang des Floppy-Disk-Controllers; vgl. Abschnitt 4.1 auf Blatt 22). Sie können natürlich auch weiterhin Ihren Thermodrucker verwenden, indem Sie (bei Bedarf) Floppy- und Drucker-Routinen in einem 2732-EPROM zusammenfassen (vgl. Abschnitt 5.1 auf Blatt 31).
5. Sie müssen ein geeignetes **Disketten-Laufwerk mit doppelter Schreibdichte** (abgek. 'DD' vom engl. 'Double Density') besitzen, das über eine 34polige Standard-Schnittstelle zum Anschluß eines Direkt-Steckers verfügt; dies ist in der Regel bei allen gängigen Laufwerken der Fall, die Disketten im Format 5.25 Zoll (ca.135 mm Durchmesser), 3.5 Zoll (ca.90 mm) oder 3 Zoll (ca. 75 mm) verarbeiten. Unabhängig vom gewählten Format müssen Sie von diesem Laufwerk die maximale Schrittfolge zur Ansteuerung des Schrittmotors kennen ('Stepping Rate' in Millisekunden). Dieser Wert ist beim Betrieb der Treiber-Software einzugeben (vgl. Abschnitt 6.2 auf Blatt 34).
6. Zur Ansteuerung des Laufwerks ist die **Interface-Karte** des Floppy-Disk-Controllers mit Treiber-Software im EPROM erforderlich; sie hat verkürztes Europa-Format (100 mm lang) und kann maximal vier angeschlossene Laufwerke verwalten.

7. Standard-Laufwerke benötigen in der Regel zur **Stromversorgung** +5 V und +12 V. Der Strombedarf hängt ganz vom verwendeten Laufwerk-Typ ab, und nicht in jedem Fall läßt sich der erforderliche Speisestrom noch vom eingebauten Mikrocomputer-Netzteil decken. Im Abschnitt 4.4 auf Blatt 28 finden Sie hierzu alle erforderlichen technischen Einzelheiten.
8. Zum Anschluß des Laufwerks benötigen Sie ein 34poliges Flachbandkabel mit angeflanschten Direkt-Steckern (zum Datentransfer) sowie ein vierpoliges Kabel für die Stromversorgung; dieser **Kabelsatz** ist fertig konfektioniert als Zubehör erhältlich.
9. Passend zum Laufwerk müssen Sie **geeignete Disketten** anschaffen, die doppelte Schreibdichte zulassen (Kennzeichnung 'DD'). Bei Laufwerken mit zwei Schreib/Lese-Köpfen müssen die Disketten auch für zweiseitigen Betrieb geeignet sein. Verwenden Sie nur Markenfabrikate, Sie ersparen sich u.U. eine Menge Ärger, weil Billigprodukte liebend gern Datenverluste hervorrufen!
10. **Welches Laufwerk** Sie sich zulegen, das ist letztlich eine Glaubensfrage. Aus reiflicher Überlegung empfiehlt die Firma hms ihre 3-Zoll-Mikro-Floppies, die sich in Zukunft mit Sicherheit immer mehr durchsetzen werden:
- Sie haben **nur rund ein Viertel des Einbau-Volumens** der herkömmlichen 5.25-Zoll-Laufwerke.
 - Sie können **bis zum Vierfachen der Datenmenge aufnehmen**, die herkömmliche 5.25-Zoll-Laufwerke fassen.
 - **Die 3-Zoll-Disketten sind extrem robust**; sie lassen sich nicht verbiegen, haben eine verschließbare Plastik-Schatulle und sind zusätzlich (gegen Anfassen, Staub u.ä.) gesichert, weil sie eine interne Schutzscheibe haben, die erst im Laufwerk selbst beiseite geschoben wird.
 - Die Laufwerke haben **drei Leuchtdioden zur Betriebsanzeige**: Grün leuchtet bei eingelegter Seite A auf, Rot bei Seite B, und eine gelbe LED signalisiert, daß die gerade eingelegte Disketten-Seite schreibgeschützt ist.
 - Der **eingebaute Schreibschutz** läßt sich jederzeit, für jede Seite getrennt, einrasten oder wieder entfernen (mittels Bleistiftspitze); umständliches Abkleben und Suchen nach geeigneten Aufklebern entfällt damit.
 - Durch Direkt-Import kann dieses Laufwerk zu **sehr günstigen Preisen** angeboten werden.

Der Vertrieb dieser Laufwerke erfolgt durch:

hms Herstellung von Mikro-
computer-Systemen
Hodenberger Str. 19 C
2800 Bremen 33
Tel.: (04 21) 25 03 47

TRIO Computertechnik
GmbH
Hannoversche Str. 102
2800 Bremen 44
Tel. (04 21) 45 33 20

Der Floppy-Disk-Controller WD1770 (IC 1) ist so hoch integriert, daß zu seinem Betrieb nur wenige externe Bausteine erforderlich sind (vgl. auch 'Aufbau des Steuerbausteins' auf Blatt 16). Das 'WD' in der Typenbezeichnung stammt von der amerikanischen Herstellerfirma Western Digital, die auf dem Sektor der FDC-Controller unbestrittener Marktführer ist.

Die acht Datenbits des Steuerbausteins sind direkt mit dem Mikrocomputer-Datenbus verbunden, und zwei beigeordnete Decodierer (IC 2 und IC 3) übernehmen die Decodierung von insgesamt fünf Fortadressen: Die vier Adressen \$48, \$49, \$4A und \$4B für die vier Register im Controller und eine zusätzliche Adresse \$40/41 für das Mode-Register (IC 4). Hier legt die Treiber-Software die Informationen zur Laufwerk- und Seiten-Auswahl ab sowie das Steuersignal für die Schreibdichte (HIGH für 'SD' vom engl. 'Single Density' bzw. LOW für 'DD' vom engl. 'Double Density'). Die mitgelieferte Treiber-Software unterstützt nur das DD-Format.

Der Takteingang des WD1770 ist nicht gerade anspruchslos, denn er verlangt ein 8-MHz-Rechtecksignal mit symmetrischem Tastverhältnis und maximal 1% Abweichung. Der Quarzoszillator (IC 5) betrachtet es als seine vornehmste Aufgabe, diesem Anspruch gerecht zu werden.

Zwei Ausgangssignale gelangen vom Controller zurück zur CPU, und beide haben nachhaltige Auswirkungen, weil sie jeweils einen Interrupt erzeugen (über eine Treiberstufe in IC 6 bzw. IC 7, die beide einen offenen Kollektor-Ausgang haben). Der DRQ-Ausgang (vom engl. 'Data Request', dt. 'Daten anfordern') geht immer dann auf HIGH und aktiviert den TRAP-Interrupt, wenn das Daten-Register beim Schreiben leer ist oder wenn es beim Lesen voll ist. In beiden Fällen muß die CPU nämlich schleunigst reagieren, damit ein neues Datenbyte nachgeschoben wird (beim Schreiben) bzw. das soeben eingetroffene abgeholt wird (beim Lesen). Passiert dies nicht in Windeseile, quittiert der Controller seinen Dienst, indem er sich beschwert, quittiert ihm die Daten abanden gekommen sind (Fehlermeldung 'Data Lost', dt. 'Datenverlust'; vgl. 'Error # F02' auf Blatt 44).

Der INTRQ-Ausgang (vom engl. 'Interrupt Request', dt. 'Unterbrechungs-Anforderung') geht immer dann auf HIGH und aktiviert den RST5.5-Interrupt, wenn der Controller mit der Ausführung einer Anweisung fertig ist. Das verwaltende Programm kann sich darauf einstellen und sich beispielsweise so lange tatenlos auf die Lauer legen, bis es über 'INTRQ' zu neuen Aktivitäten motiviert wird.

Zum Laufwerk hin führen insgesamt zehn Steuersignale, und vier Rückmeldungen kommen von dort beim Controller-IC an (vgl. auch die Belegung des 34poligen Verbindungskabels auf Blatt 27). Fünf Ausgangssignale stammen vom Mode-Register (IC 4), über das das Laufwerk (bzw. eins von vier möglichen) sowie die Disketten-Ober- oder Unterseite angewählt werden. Weitere fünf Ausgangssignale generiert der Controller höchstpersönlich: Am WD-Ausgang (vom engl. 'Write Data') kleckern die Datenbits beim Schreibvorgang heraus, was immerhin mit einer Geschwindigkeit von über 250000 Stück pro Sekunde passiert!

Der MD-Ausgang schaltet den Motor für den Disketten-Antrieb ein und übrigens auch wieder aus, was zur Schonung von Motor und Diskette unbedingt erfolgen sollte, aber längst nicht bei allen Computern auch tatsächlich passiert!

Von 'STEP' (dt. 'Schritt') gehen wohldosierte Impulse ans Laufwerk ab, um dort den Schrittmotor für die Kopfsteuerung zu bewegen. Bei gleichzeitigem LOW am DIR-Ausgang (vom engl. 'Direction', dt. 'Richtung') geht diese Bewegung von innen nach außen (in Richtung auf Spur 0), bei HIGH an 'DIR' stoppelt der Kopf in die entgegengesetzte Richtung. Soll dabei auch noch geschrieben werden, muß dies dem Laufwerk am WG-Ausgang rechtzeitig mitgeteilt werden (vom engl. 'Write Gate', dt. etwa 'Schreib-Freigabe').

Die vier Eingänge (alle aktiv LOW) sind schnell abgehandelt: 'RD' ist der zu 'WD' korrespondierende Eingang (serieller Dateneingang, vom engl. 'Read Data'). Auch hier quetschen sich die Informationen mit der kaum vorstellbaren Geschwindigkeit von über 250000 Bits pro Sekunde hinein!-

Wenn sich der Kopf über der äußersten Spur Nr.0 befindet (seine 'Home-Position'), meldet er dies über die Leitung 'TR00' (vom engl. 'Track 00', dt. 'Spur 0') an seinen Herrn und Meister.-

Jedesmal, wenn das Indexloch der rotierenden Diskette ein elektronisches Auge passiert (Fotozelle o.ä.), gibt das Laufwerk an den Controller einen Indexpuls ab (Ausgang 'IF'). Dies ist ein Referenzsignal, auf das sich sämtliche Positioniervorgänge beim Formatieren, Schreiben und Lesen beziehen.-

Und der WFRT-Ausgang (vom engl. 'Write Protect', dt. 'Schreibschutz') meldet (bei LOW-Pegel) an den Controller, daß der Versuch, Daten auf Diskette zu schreiben, zum Scheitern verurteilt ist: Irgend jemand hat nämlich zuvor einen Schreibschutz auf der Diskette angebracht, um ein ungewolltes Beschreiben (und damit Löschen) zu verhindern (Fehlermeldung 'Write Protect'; vgl. 'Error # F06' auf Blatt 45).

3.1 Der Steuerbaustein WD1770 unter der Lupe

Die folgende Detailbeschreibung erläutert Einzelheiten über den Innenaufbau des eingesetzten Steuerbausteins, was zum Teil recht speziell ist. Wenn Sie daran nicht interessiert sind oder es Ihnen zu technisch wird, können Sie getrost auf Blatt 21 fortfahren - zum Betrieb der Disketten-Laufwerke sind diese Details nicht erforderlich, sondern nur dazu, einen eventuellen Wissensdurst zu stillen.

Ein so intelligenter Steuerbaustein wie der WD1770 besteht aus einem ganzen Bergwerk von Registern, Treibern und Verwaltungs-Logik für die komplizierte Ablaufsteuerung. Für den Programmierer sind (über vier Portadressen) fünf interne Register zugänglich:

1. Befehlshalte-Register (OUT 48h)

Hierhin wird die 1770-spezifische Anweisung überschrieben, die der Baustein ausführen soll (vgl. Abschnitt 3.2 auf Blatt 18). Dieses Register hat dieselbe Portadresse wie das Status-Register, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß es nur beschrieben werden kann.

2. Status-Register (IN 48h)

Hier steht nach der Ausführung einer Anweisung der Laufwerk-Status (z.B. 'Diskette schreibgeschützt' oder 'Laufwerk nicht betriebsbereit'; vgl. Abschnitt 3.3 auf Blatt 20). Dieses Register hat dieselbe Portadresse wie das Befehlshalte-Register, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß es nur gelesen werden kann.

3. Spur-Register (OUT 49h oder IN 49h)

Nimmt die Nummer 00...4Fh (=0...79d) der gewünschten Spur auf, von der gelesen bzw. auf die geschrieben werden soll.

4. Sektor-Register (OUT 4Ah oder IN 4Ah)

Nimmt die Nummer 01...10h (=1...16d) des gewünschten Sektors auf, der gelesen oder beschrieben werden soll.

5. Daten-Register (OUT 4Bh oder IN 4Bh)

Nimmt beim Schreiben das parallele Datenbyte auf und stellt es für die interne Parallel/Serien-Umsetzung bereit; übergibt beim Lesen das seriell eingegangene Datenwort parallel an die CPU.

Die Ausgänge 'MO', 'DIR', 'STEP' und 'WG' sowie die Eingänge 'WPRT', 'IP' und 'TR00' (Erläuterung der Abkürzungen auf Blatt 13) sind mit einem internen PLA verbunden (vom engl. 'Programmable Logic Array', dt. 'Programmierbare Logik-Einheit'). Darunter hat man sich im Prinzip ein Riesen-Logik-Gatter vorzustellen, das sehr viele Ein- und Ausgänge hat, und dessen Verhalten, ähnlich wie bei einem PROM, programmierbar ist. Das PLA macht nichts weiter, als aus der Verknüpfung verschiedener Eingangssignale (zu denen auch die CPU-Steuersignale 'RD' und 'WR' sowie der 8-MHz-Takt gehören) eine Sequenz von Ausgangssignalen zu erzeugen.

Das interne Schieberegister ist im Zusammenhang mit dem Daten-Register bereits oben erwähnt worden. Da die Daten seriell auf der Diskette aufgezeichnet werden, müssen sie nach der Bereitstellung durch die CPU erst auseinandergepflückt bzw. nach dem Einlesen sorgfältig zusammengesetzt werden, damit die CPU mit ihnen etwas anfangen kann. Und für diese Parallel/Serien- bzw. Serien/Parallel-Umsetzung ist ein eigenes Schieberegister vorgesehen.

Eine daran angeflanschte Detektionsschaltung dient zur Erkennung der Adreßmarken (vgl. Abschnitt 1.3 auf Blatt 7), und ein separater CRC-Generator dient zur Datensicherung. 'CRC' stammt vom englischen 'Cyclic Redundancy Check' (gesprochen etwa 'Sseiklick Red-andenssie Scheck') und hat einen sehr tiefgreifenden Hintergrund: Bei der Übertragung einer solchen Riesenmenge von Daten, noch dazu mit der erwähnten affenartigen Geschwindigkeit, geht leicht einmal ein Bit verloren, d.h. es können durchaus einmal Übertragungsfehler auftreten. Die halten sich in der Größenordnung von ca. 1 : 100 Millionen (d.h. auf 100 Millionen gelesene Bits kommt ein fehlerhaftes), aber sei es wie es will: Fehler bleibt Fehler, und es wäre nicht auszudenken, wenn so ein fehlerhaftes Bit ausgerechnet das (positive) Vorzeichen Ihres Kontostandes umkehren würde!

Folglich hat man eine automatisch arbeitende Prüfschaltung hinzugefügt (besagten CRC-Generator nämlich), die immer wieder eine 16 Bit lange Prüfsumme aus Teilmengen der übertragenen Daten bildet und das Ergebnis mit aufzeichnet. Das geschieht nach einem ziemlich aufwendigen rechnerischen Verfahren, das gleichermaßen beim Schreiben und Lesen angewandt wird. Treten beim Einlesen keine Abweichungen zu der zuvor aufgezeichneten Prüfsumme auf, kann man nahezu sicher sein, daß kein Übertragungsfehler vorliegt. Andernfalls wiederholt der Controller den Schreib- oder Lese-Vorgang einige Male, bis er entweder auf Fehlerfreiheit erkennt oder sicher ist, daß da der Wurm drinsteckt.

Schließlich müssen Sie zur Stillung Ihres Wissensdurstes noch die beiden übrigen Funktionsblöcke kennenlernen, die dem WD1770 seine hohe Leistungsfähigkeit verleihen: Das sind der Datenseparator und die Schreib-Präkompensation, die beide fix und fertig integriert sind und jeden Abgleich an der Schaltung überflüssig machen.

Der Datenseparator ist im Prinzip ein ringförmiges Schieberegister mit einem Fenster-Detektor, der beim Lesen der Daten (soweit erforderlich) wieder eine Takt-Information hinzufügt (vgl. Abschnitt 1.2 auf Blatt 5). Damit lassen sich aus den magnetisierten Bit-Zellen wieder anständige Bits regenerieren, aus denen man Datenbytes zusammensetzen kann.- Und die Präkompensation dient beim Schreiben dazu, den Datenstrom um winzige Zeitdifferenzen (125 ns) zu beschleunigen bzw. zu verzögern. Damit gleicht man Schmutzeffekte aus (z.B. Überlagerungseffekte auf der Magnetschicht), die beim Lesen der sehr eng beieinander liegenden Daten (insbesondere auf den inneren Spuren) leicht zu Fehlern führen können. Mit der Einschaltung dieser Präkompensation haben Sie als Anwender nichts zu tun, das erledigt bereits die Treiber-Software.

3.2 Er spricht seine eigene Sprache

Die Vorstellung der internen Instruktionen für den verwendeten Steuerbaustein geschieht der Vollständigkeit halber. Sie als Anwender haben damit an sich nichts zu tun, weil die im EPROM mitgelieferte Treiber-Software Ihre Klartext-Anweisungen (aus dem Menü) in das 1770-interne Befehlsformat umsetzt.

Die Darstellung erfolgt hier gestrafft, so daß Sie (bei entsprechendem Interesse) den Aufbau der Treiber-Software nachvollziehen können, ohne daß hier auf sämtliche Details eingegangen wird, die die Instruktionen im einzelnen zulassen (z.B. Verknüpfung verschiedener Bedingungen in einer einzigen Instruktion).

Restore: 00h (Rücksetzen auf Spur 0)

Der Baustein fragt den TR00-Ausgang ab und gibt so lange STEP-Impulse aus, bis der Kopf über Spur 0 positioniert ist (was am LOW-Zustand von 'TR00' erkennbar ist).

Seek: 10h (Spur suchen)

Im Spur-Register steht die Nummer derjenigen Spur, über der sich der Kopf gerade befindet, und im Daten-Register steht diejenige Spur-Nummer, auf die der Kopf positioniert werden soll. Zur Ausführung dieser Anweisung erzeugt der Baustein so viele STEP-Impulse, bis die Inhalte von Spur- und Daten-Register gleich sind.

Step: 30h (Kopf eine Spur versetzen)

An den Schrittmotor wird ein Impuls von 4 us Dauer abgegeben, so daß sich der Kopf um eine Spur weiter bewegt; die Richtung ist dieselbe wie beim vorhergehenden Step-Kommando.

Step In: 50h (Kopf eine Spur nach innen versetzen)

An den Schrittmotor wird ein Impuls von 4 us Dauer abgegeben, der den Kopf um eine Spur nach innen (in Richtung zur Disketten-Mitte) bewegt.

Step Out: 70h (Kopf um eine Spur nach außen versetzen)

An den Schrittmotor wird ein Impuls von 4 us Dauer abgegeben, der den Kopf um eine Spur nach außen (in Richtung zum Disketten-Rand) bewegt.

Read Sektor: 80h (Sektor lesen)

Der Kopf wird auf denjenigen Sektor positioniert, der durch das Spur- und das Sektor-Register adressiert ist. Wenn das entsprechende ID-Feld mit der passenden Kennung gefunden ist (und die Prüfsumme in Ordnung ist), wird ein Datenbyte nach dem anderen von der Diskette gelesen und (mit begleitenden Interrupt-Impulsen) an die CPU übergeben.

Write Sektor: A0h (Sektor schreiben)

Der Kopf wird auf denjenigen Sektor positioniert, der durch das Spur- und das Sektor-Register adressiert ist. Wenn das entsprechende ID-Feld mit der passenden Kennung gefunden ist (und die Prüfsumme in Ordnung ist), wird ein Datenbyte nach dem anderen (mit begleitenden Interrupt-Impulsen) von der CPU angefordert und auf die Diskette geschrieben.

Read Address: C0h (Kennung einlesen)

Es werden das nächsterreichbare ID-Feld und die darin enthaltene Prüfsumme gelesen und (mit begleitenden Interrupt-Impulsen) an die CPU übergeben.

Read Track: E0h (Spur lesen)

Der Kopf wird auf diejenige Spur positioniert, die durch das Spur-Register adressiert ist; mit Beginn des nächsten Indexpulses wird ein Datenbyte nach dem anderen von der Diskette gelesen und (mit begleitenden Interrupt-Impulsen) an die CPU übergeben.

Write Track: F0h (Spur schreiben zum Formatieren)

Dieses Kommando dient zum Formatieren einer Spur. Dazu wird der Kopf auf diejenige Spur positioniert, die durch das Spur-Register adressiert ist; danach werden die zum Formatieren benötigten Daten (mit begleitenden Interrupt-Impulsen) von der CPU angefordert und auf Diskette überschrieben.

Force Interrupt: D0h (Bedingten Interrupt auslösen)

Im Gegensatz zur automatischen Interrupt-Erzeugung nach Ausführung eines Kommandos besteht die Möglichkeit, in Abhängigkeit von bestimmten Randbedingungen (z.B. nächstes Erreichen der Index-Marke) ein Unterbrechungssignal auszulösen, um danach das laufende Programm fortzusetzen.

4. Wer hier hudelt, hat verspielt

Dieser Abschnitt interessiert Sie nur dann, wenn Sie Ihre Interface-Karte als Bausatz bezogen haben und Sie mit angeheiztem Lötkolben vor der Frage stehen, wie Sie die Teile am sinnvollsten auf der Platine unterbringen. Wenn Sie das Interface natürlich als fertige Baugruppe bezogen haben, interessiert Sie die Bauanleitung nicht, und Sie können unmittelbar bei Abschnitt 6 auf Blatt 32 fortfahren (dann ist für Sie allenfalls noch die Stromversorgung von Interesse, vgl. Abschnitt 4.4 auf Blatt 28).

Wenn Sie löten wollen, haben Sie zwei prinzipielle Möglichkeiten: Die erste ist die, daß Sie alles so machen, wie es Ihnen gerade in den Sinn kommt, und Sie dabei keinen der folgenden Ratschläge beherrsigen; dann wundern Sie sich aber bitte nicht, wenn es anschließend nicht funktioniert, und kommen Sie dann auch nicht mit flehenden Blicken bezüglich Fehlersuche an. Als zweite Möglichkeit steht es Ihnen offen, sich an die wohlgemeinten Ratschläge hier zu halten, und dann sollte dem späteren einwandfreien Betrieb nichts mehr im Wege stehen.

Legen Sie die Platine mit dem Bestückungsplan in Ruhe vor sich hin und lesen Sie am besten erst einmal die komplette Baubeschreibung durch. Der Lötkolben bleibt in diese Phase noch kalt, damit sie keine irreparablen Schäden anrichten können!

Sortieren Sie die Bauteile nach der Stückliste, um einerseits die Vollständigkeit zu überprüfen und andererseits zu sehen, was wohin kommt. Gelegentlich tritt der Fall auf, daß für einige Bauteile Ersatztypen geliefert werden, die vollkommen dieselbe Funktion ausführen wie die in der Stückliste und im Schaltbild angegebenen; in diesem Fall ist Wutgeheul fehl am Platze. So kann es beispielsweise vorkommen, daß die Typenbezeichnung herstellerbedingt von der angegebenen abweicht und die gesuchte Bezeichnung nur ganz klein aufgedruckt ist oder mit anderen Ziffern beginnt (z.B. "84xx" statt "74xx"). Ebenso können Sie für einen Block-Kondensator statt der vorgesehenen 100 nF ohne weiteres auch 68 nF oder 150 nF einlöten, die erfüllen ebenso ihre Funktion der Säuberung der Versorgungsspannung, und Pull-up-Widerstände, die offene TTL-Eingänge an +5 V legen, können im Bereich 1...15 kOhm jeden beliebigen Wert annehmen, ohne daß die Schaltung dies übelnimmt. Unzulässig dagegen ist es beispielsweise, für einen Quarz eine andere als die angegebene Frequenz einzusetzen (z.B. statt 4,194 MHz eine ähnliche Frequenz von 4,000 MHz zu verwenden). Genauso unstatthaft ist es, anstelle einer Germanium-Diode einen Siliziumtyp einzusetzen, weil der eine wesentlich höhere Durchlaßspannung hat.

Der vor Ihnen liegende Bausatz verwendet ausschließlich Bauteile erster Wahl in Industriequalität; versuchen Sie bitte nicht, hier gutgemeinte Verbesserungen unterzubringen, indem sie beispielsweise alle ICs auf Fassungen setzen. Wo dies erforderlich ist, sind im Bausatz auch Fassungen vorgesehen; wo nicht, lassen Sie tunlichst die Finger davon, denn Fassungen sind eine Fehlerquelle allerersten Ranges (das schließt u.U. auch die sogenannten hochwertigen Typen mit ein!).

4.1 Stück für Stück: Stückliste und Bestückungsplan

Pos	Anz	Benennung	Typ	Best.Nr.	Lief.
1	1	Platine	87101		Exa
2	1	FDC-Controller	WD 1770		
3	1	HEX-Inverter	74LS04		
4	2	HEX-Inverter o.C.	7406/16		
5	1	Demuxer 1 aus 8	74(LS)138		
6	1	Dual-Demuxer 1/4	74(LS)139		
7	1	HEX-Latch	74(LS)174		
8	1	Quarz	8 MHz	HC-18U	
9	1	ker. Kondensator	22...30 pF		
10	1	dito	1 nF		
11	5	dito	ca. 100 nF	B37984-J5104-K	
12	1	Elko	47 uf/10V		
13	4	Ko'widerstand	470 R		
14	2	dito	1 k		
15	1	Fassung	28polig		
16	1	Stiftleiste	34polig		AMP
17	1	VG-Leiste	64polig	48.1552 C42334-A191-A512 C64MO,4A a+c	Klx Sie Ric
18	1	EPROM	2716	orange F	

Platz #2 der CPU; Brücke 3 auf der CPU bestücken
(Ausnahme: Zusammenfassung von Floppy- und Thermo-
drucker-Software, vgl. Abschnitt 5.1 auf Blatt 31).

Auf der FDC-Karte 87101 müssen beim Betrieb am Moppel
die **Brücken "NMI" und "5" bestückt** werden.

Als Zubehör ist lieferbar: Kabelsatz "Floppy", bestehend aus ei-
nem 34poligen Flachbandkabel (für zwei Laufwerke) und einem 4poli-
gen Stromversorgungs-Anschluß.

4.2 Den Kolben verzinnt, das Lötén beginnt

Beginnen Sie die Bestückung mit den passiven Bauteilen (bei denen kann am wenigsten kaputt gehen), und greifen Sie sich von diesen zuerst die flachen:

1. Lötén Sie die **vier 470-Ohm-Widerstände** ein (Pull-up-Widerstände zum definierten Abschluß der Treiber im Floppy-Laufwerk).
2. Lötén Sie die **beiden 1-kOhm-Widerstände** ein (Rückkopplungswiderstände zur "Vorspannung" der Gatter im Quarzoszillator).
3. Lötén Sie die **28polige Fassung** für den Steuerbaustein ein; auch eine Fassung hat eine Markierung für Pin 1, die konsequenterweise für die Ausrichtung beim Einlötén beachtet werden sollte! Das IC wird im Augenblick noch nicht eingesetzt!
4. Lötén Sie die beiden Anschlußstifte des **Quarzes** ein, der mit seiner Breitseite auf der Platine liegt (Beschriftung sichtbar, damit auch die Nachwelt noch sieht, auf welcher Frequenz er schwingt). Achten Sie beim Einsetzen darauf, daß das Gehäuse keinen Kontakt mit einer in der Nähe vorbeiführenden Leiterbahn bekommt. Außerdem müssen Sie einen Drahtbügel quer über den Quarz lötén und diesen an einem Punkt mit dem Quarzgehäuse verlötén (vgl. Bestückungsplan); damit "erden" Sie das Gehäuse und vermeiden Stör-Einstreuungen.
5. Lötén Sie den kleinen **Kondensator im Quarzoszillator** ein; er muß eine Kapazität im Bereich 20...33 pF haben.
6. Lötén Sie den **Koppelkondensator von ca. 1 nF** im Quarzoszillator ein.
7. Lötén Sie die **fünf Blockkondensatoren von 100 nF** ein; hierfür können Sie bedenkenlos auch andere Werte einsetzen, wenn diese dem Bausatz beige packt sind. Wichtig bei diesen Kondensatoren sind ihre guten HF-Eigenschaften, die sicherstellen, daß sie Störspitzen auf der Versorgungsspannung kurzschließen.
8. Lötén Sie den **Sieb-Elko von ca. 47 uF** ein; er dient zur Glättung der Versorgungsspannung und bietet außerdem eine exzellente Möglichkeit zum Anklammern eines Logik-Prüfstiftes bzw. eines Tastkopfs während der Inbetriebnahme-Phase.
9. Lötén Sie die **beiden Brücken über 'NMI'** (vom engl. 'Non Maskable Interrupt', dt. 'nichtmaskierbarer Interrupt') und '5' ein, die die vom Controller erzeugten Interrupt-Impulse an die CPU leiten. Um die Karte auch für andere Systeme verwendbar zu machen, sind diese Brücken nicht fest vorgesehen.
10. Lötén Sie die **sechs TTL-ICs** ein, bei denen die Markierungskerbe nach unten zeigt, wenn die Platinenseite mit der 64poligen Anschlußleiste rechts ist. Die Sechsfach-Inverter 7406 (IC 6 und IC 7, Treiber mit offenem Ausgang) werden nicht in LS-Ausführung hergestellt; sie sind durch die Typen 7405 bzw. 7416 ersetzbar. Die Decodierer 74(LS)138 (IC 2) und 74(LS)139 (IC 3) erzeugen die auf der Karte benötigten Selektierungssignale. Das 6-Bit-D-Flipflop (IC 4) nimmt die von der CPU gelieferten Steuerdaten zur Laufwerk-Verwaltung auf.

11. Löten Sie die **34polige Stiftleiste** zum Anschluß des Flachbandkabels ein. Vorsicht! Hier besteht wegen der eng beieinanderliegenden Lötstellen die Gefahr von Kurzschlüssen durch versehentliche Lötbrücken!
12. Setzen Sie die **64polige VG-Leiste** ein und achten Sie darauf, daß der Isolierkörper bündig auf der Leiterplatte aufliegt; erst wenn dies sichergestellt ist, verlöten Sie die 64 Anschlüsse.
13. Führen Sie eine **Sichtkontrolle** der Karte durch (das Controller-IC WD1770 (IC 1) ist immer noch nicht eingesetzt!), und überprüfen Sie folgendes: Sind alle Bauteile richtig herum eingelötet? Sind alle Lötstellen sauber verlötet? Liegen irgendwo Kurzschlüsse durch versehentliche Lötbrücken vor?

4.3 Gut drei Dutzend Nabelschnüre

Die Übertragung der Daten und Steuersignale erfolgt über ein 34poliges Flachbandkabel, das mikrocomputerseitig auf die entsprechende Stiftleiste der Controller-Karte aufgesteckt wird (Flachbandkabel von der Platine wegführend); am anderen Ende der Leitung halten Sie zwei sogenannte Direktstecker in den Händen (ebenfalls 34polig), die (wie es der Name schon sagt) direkt auf die Platine des Laufwerks aufgesteckt werden. Vorsicht vor roher Gewalt! Die Direktstecker haben eine kleine Codier-Nase, die ein falsches Aufstecken verhindern (die Platine ist an dieser Stelle eigens dafür geschlitzt!).

Von den 34 Leitungen dieses Kabels führt übrigens nur jede zweite ein Signal (die mit den geraden Pin-Nummern), die dazwischen liegenden (ungeraden) sind an Masse gelegt und dienen auf diese Weise zur Schirmung und Entkopplung (vgl. folgendes Blatt).

Obwohl der Controller in der Lage ist, maximal vier Laufwerke zu verwalten, hört das Kabel schon bei Nummer Zwei auf, weil die Laufwerke (bei aller Preiswürdigkeit) doch eine ganze Menge Geld kosten. Sollten Sie bezüglich dieses Kabels Sonderwünsche haben, wenden Sie sich bitte an die Lieferfirma der Laufwerke.

Die Stromversorgung erfolgt pro Laufwerk über eine eigene, vierpolige Verbindung, von der ein Leitungspaar an die +12-V-Versorgung (violett und schwarz) und das andere Paar an die +5-V-Versorgung (rot und schwarz) angeschlossen werden (bitte nicht verpolen!). Nur der sorgfältige Anschluß sämtlicher Leitungen garantiert später einwandfreien Betrieb; kommen Sie nicht auf die Idee, etwa eine der (schwarzen) Masseleitungen wegzulassen! Was Sie natürlich straffrei dürfen, ist das Kürzen dieser Strom-Zuleitungen auf die benötigte Länge.

Am Laufwerk befindet sich ein passendes, vierpoliges Gegenstück, das ebenfalls gegen falsches Einstecken gesichert ist; bitte lassen Sie auch hierbei Sorgfalt walten, sonst kann es sein, daß Ihr Laufwerk einem schnellen Ende geweiht ist...

Die Belegung beider Anschlußkabel finden Sie auf dem folgenden Blatt. Diese Anschlußverteilung ist übrigens als 34polige Standard-(5.25-Zoll-)Schnittstelle genormt.

Belegung des 34poligen Direktsteckers:

Pin 1: 0 V; Pin 2: nicht belegt
Pin 3: 0 V; Pin 4: HOLD-Eingang (bleibt offen)
Pin 5: 0 V; Pin 6: Drive Select #3 *)
Pin 7: 0 V; Pin 8: Index-Puls (beim Passieren des Index-Lochs)
Pin 9: 0 V; Pin 10: Drive Select #0 *)
Pin 11: 0 V; Pin 12: Drive Select #1 *)
Pin 13: 0 V; Pin 14: Drive Select #2 *)
Pin 15: 0 V; Pin 16: Motor On
Pin 17: 0 V; Pin 18: Direction Select (LOW: Kopf nach außen)
Pin 19: 0 V; Pin 20: Step (Schrittmotor-Ansteuerung)
Pin 21: 0 V; Pin 22: Write Data (serielle Daten beim Schreiben)
Pin 23: 0 V; Pin 24: Write Gate (Freigabe-Signal beim Schreiben)
Pin 25: 0 V; Pin 26: Track 00 (LOW: Kopf steht auf Spur 0)
Pin 27: 0 V; Pin 28: Write Protect (LOW: Disk.hat Schreibschutz)
Pin 29: 0 V; Pin 30: Read Data (serielle Daten beim Lesen)
Pin 31: 0 V; Pin 32: Side One Select (Auswahl Seite 0/1 *)
Pin 33: 0 V; Pin 34: nicht belegt

*) Signal stammt nicht vom FDC-Controller, sondern von der CPU

Belegung des vierpoligen Stromversorgungs-Anschlusses:

Pin 1 (violett): +12 V; Pin 2 (schwarz): 0 V für Pin 1
Pin 4 (rot): +5 V; Pin 3 (schwarz): 0 V für Pin 4

4.4 Kein Selbstversorger

Zur Stromversorgung von Standard-Laufwerken sind die beiden Spannungen +5 V und +12 V erforderlich. Welcher Strombedarf bei beiden Werten besteht, hängt ausschließlich vom eingesetzten Laufwerk-Typ ab. Die Stromaufnahme kann in weiten Grenzen schwanken, so daß u.U. ein eigenes Netzteil erforderlich sein kann (vgl. diesbezüglich die Hersteller-Angaben).

Die von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies benötigen aus beiden Spannungen einen Strom von jeweils rund 400 mA. Die 5-V-Versorgung können Sie in diesem Fall noch direkt vom Bus abnehmen (rotes Kabel an die oberste, dicke Busleitung und zugehöriges schwarzes Kabel an die unterste, dicke Busleitung anlöten).

Soweit Ihr Computer bereits mit einem eigenen 12-V-Netzteil ausgestattet ist (z.B. für das Mini-Sichtgerät), können Sie von dort die 12-V-Versorgung abnehmen (violettes Kabel an +12 V und zugehöriges schwarzes Kabel an Masse anlöten); andernfalls benötigen Sie eine zusätzliche Versorgung, allerdings ohne einen neuen Trafo. Die speisende Wechselspannung für das (als Zubehör erhältliche) 12-V-Netzteil können Sie vom MOPPEL-Netztrafo abnehmen (Klemmen '11' und '12').

Diese Netzteilkarte läßt sich rückwärtig über der Bus-Platine (parallel zu dieser) montieren, indem Sie sie (mit kleinen Abstandsröhrchen) an den Z-Schienen des 19-Zoll-Rahmens festschrauben.

Wenn Sie größere und stromintensivere Laufwerke verwenden, ist zu deren Versorgung ebenfalls die 12-V-Netzteilkarte geeignet, allerdings benötigen Sie in diesem Fall einen zusätzlichen Netztrafo; er ist einschließlich Montage-Zubehör Bestandteil des großen 12-V-Netzteils aus dem MOPPEL-Bausatz-Programm.

Achten Sie beim Anschluß der Stromversorgung in jedem Fall darauf, daß Sie einen einwandfreien Massekontakt herstellen; optimal ist es, sämtliche Masseleitungen an einem zentralen Sternpunkt zusammenzuführen, z.B. an der Stelle der Bus-Platine, an der das Netzteil angeordnet ist (auf der Lötseite der Bus-Platine).

5. Schrittweise zum Leben erwecken

Die sinnvolle, schrittweise Inbetriebnahme einer Schaltung spürt mögliche Fehlerquellen auf und führt gleichzeitig eine umfassende Funktionsprüfung durch. Es ist hilfreich, aber nicht unbedingt Voraussetzung, hierfür ein Oszilloskop zu Hilfe zu nehmen; ein Logikprüfstift ist für einen weitgehenden Funktionstest bereits ausreichend.

Stecken Sie die Karte so auf einen Steckplatz der MOPPEL-Rückwandverdrahtung (Bus-Karte), daß Sie an die einzelnen Bauteile herankommen (das Controller-IC WD1770 ist immer noch nicht eingesetzt!). Einen Logikprüfstift können Sie mit seinen Versorgungsspannungs-Anschlüssen direkt an den 47- μ F-Elko anklemmen, und auch die Masseleitung eines Oszilloskops läßt sich hier problemlos anschließen.

Wenn der Computer mit eingesteckter Karte seinen Dienst versagt, liegt mit Sicherheit ein Kurzschluß auf der Platine vor (oder ein schwerer Bestückungsfehler, z.B. ein falsch eingelötetes IC). In diesem Fall müssen Sie erst diesen Fehler lokalisieren und beheben, ehe Sie die nachfolgend beschriebenen Prüfungen vornehmen können.

1. Oszillator prüfen

Am Anschluß 6 des Oszillator-ICs 74LS04 muß die 8-MHz-Taktfrequenz für das Controller-IC zu messen sein (Tastverhältnis 50%, maximal zulässige Abweichung der Frequenz: 1%). Das sollen Sie nicht unbedingt kontrollieren; solange hier etwas im 8-MHz-Bereich schwingt, gehen Sie davon aus, daß es die Anforderungen erfüllt!

2. Adreßdecodierung prüfen

Geben Sie die folgende Prüfsequenz ein und starten Sie diese durch 'g', gefolgt von 'Return':

2800	3E 01	TEST:	MVI	A,01	ein Bit auf HIGH setzen
2802	D3 xx	LOOP:	OUT	xx	Akku-Inhalt ausgeben
2804	07		RLC		Bit links schieben
2805	C3 02 28		JMP	LOOP	Endlosschleife

Für die Portadresse 'xx' in Speicherstelle 2803 müssen Sie nacheinander alle Werte einsetzen, die auf dieser Baugruppe verwendet werden: Bei '48h', '49h', '4Ah', und '4Bh' müssen am Anschluß 11 des Decodierers 74(LS)139 (IC 3) kurze negative Impulse auftauchen (testen, ob diese auch am Anschlußstift 1 der 28poligen Fassung zu messen sind!). Beim Einsetzen der Portadresse '40h' (bzw. '41h') müssen die negativen Impulse am Anschluß 4 des Decodierers (IC 3) auftauchen (jeweils die Gegenprobe machen!).

3. Mode-Register prüfen (IC 4)

Setzen Sie in obige Prüfsequenz die Portadresse '40h' ein und überprüfen Sie am Mode-Register 74(LS)174 (IC 4), ob an den 0-Ausgängen (Anschlüsse 7, 5, 2, 15, 12, 10 und 1) das "wandernde Bit" auftaucht, das von der Prüfsequenz erzeugt wird (HIGH-Impuls von ca. 10 μ s Dauer, etwa alle 90 μ s wiederkehrend). Vergewissern Sie sich, ob das an Ausgang 7 von IC 4 auftauchende Signal auch am Anschlußstift 26 der Fassung anliegt!

4. Treiber prüfen (IC 6, teilweise)

Lassen Sie das Prüfprogramm (mit Portadresse '40h' oder '41h') weiter laufen und sehen Sie nach, ob das "wandernde Bit" an den Ausgängen 2, 12, 10, 8 und 6 des Treibers 7406 (IC 6) zu verfolgen ist; zum Messen müssen Sie jeden Ausgang mit einem Pull-up-Widerstand an +5 V legen, weil es sich hier um offene Kollektor-Ausgänge handelt (Widerstand ca. 1...15 kOhm).

5. Treiber prüfen (IC 6, Rest und IC 7)

Die Ausgänge der sieben Treiber (IC 6 und IC 7) müssen im Ruhezustand auf LOW liegen, weil die offenen TTL-Eingänge wie HIGH-Pegel wirken und die Treiber invertieren. Verbinden Sie die Ausgänge 4, 2, 10, 8, 12 und 5 von IC 7 und Ausgang 4 von IC 6 nacheinander über einen Pull-up-Widerstand (ca. 1...15 kOhm) mit +5 V und überprüfen Sie (bei dieser Belastung durch den Widerstand), ob in allen Fällen der LOW-Pegel vorliegt (die angegebene Reihenfolge bezieht sich auf die Anordnung im Schaltbild, vgl. Blatt 13). Verbinden Sie dann nacheinander die Eingänge 3, 1, 11, 9, 13 und 5 von IC 7 sowie Eingang 3 von IC 6 kurzzeitig mit 0 V (Masse) und kontrollieren Sie an den zugehörigen Ausgängen, ob diese auf HIGH gehen, wenn eingangsseitig LOW-Pegel anliegt.

6. Fassung prüfen

Der folgende Test stellt sicher, daß die zur 28poligen Fassung führenden Leiterbahnen keine Unterbrechung haben. Prüfen Sie, ob die Versorgungsspannung anliegt (+5 V an Pin 15, 0 V an Pin 14). Dann kontrollieren Sie, ob der von den 470-Ohm-Widerständen hergestellte HIGH-Pegel an den Anschlußstiften 19, 23, 24 und 25 anliegt und bei Berühren dieser Stifte mit einer Masseleitung auf LOW geht. Pin 13 an der Fassung geht bei Betätigen der roten RESET-Taste auf LOW. Die übrigen Anschlüsse (2, 3, und 4 sowie 5...12) brauchen Sie nur mit dem Logikprüfstift (oder dem Tastkopf des Oszilloskops) daraufhin zu überprüfen, ob sich "etwas bewegt", d.h. ob die sich ständig ändernden Signale vom Bus auch an der Fassung ankommen.

Erst nach positivem Abschluß dieser Prüfungen können Sie sicher sein, daß die Voraussetzungen für einen einwandfreien Betrieb der Karte gegeben sind. Nach dem Abschalten der Versorgungsspannung und Herausnehmen der Karte können Sie nun daran gehen, das 28polige Controller-IC WD1770 in die dafür vorgesehene Fassung einzusetzen (Ausrichtung der Markierungskerbe beachten!).

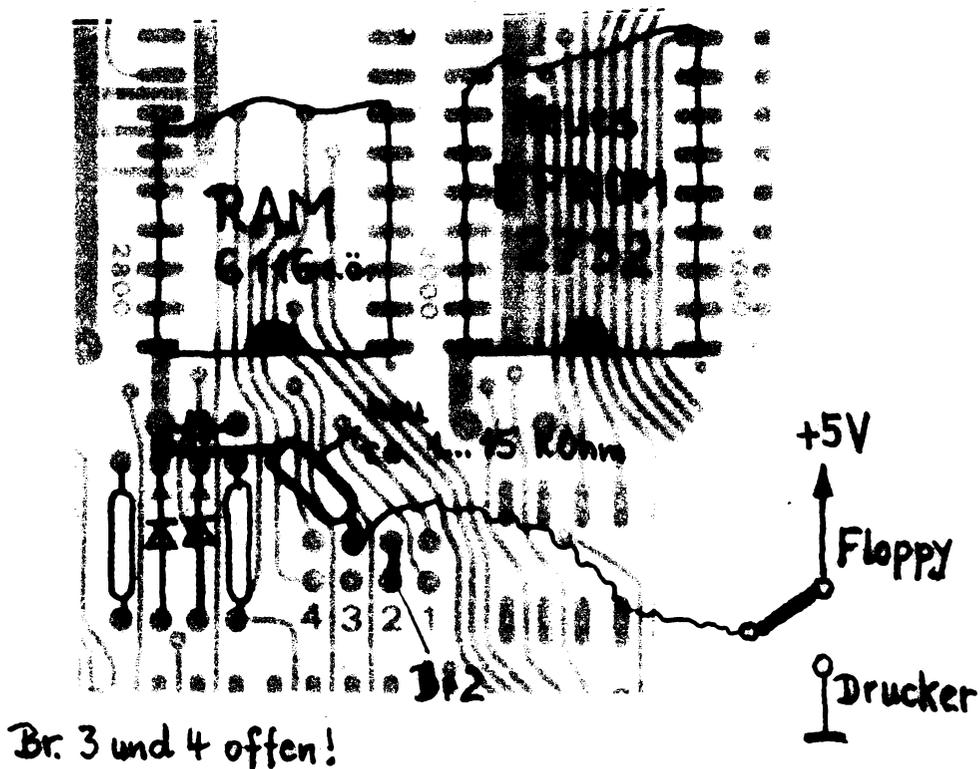
5.1 Friedliches Zusammenspiel mit dem Thermodrucker

Wenn Ihr Mikrocomputer mit dem Thermodrucker ausgestattet ist, dann ist der Steckplatz #2 auf der CPU bereits mit der dazugehörigen Software belegt; in diesem Fall müssen Sie wie folgt verfahren: Die Software für den Thermodrucker kopieren Sie in die untere Hälfte eines 2732-EPROMs (Bereich 000...7FFh), und die Software für den Disketten-Betrieb kopieren Sie in die obere Hälfte des 2732 (Bereich 800...FFFh). Dieses 2732-EPROM setzen Sie nun anstelle eines 2716 auf CPU-Platz #2 ein. In diesem Fall muß die Brücke 3 wieder entfernt werden (keine der beiden Brücken 3 oder 4 einlöten!).

Vom Anschlußstift 21 dieses 2732-EPROMs löten Sie einen Pull-up-Widerstand von ca. 1...15 kOhm nach +5 V. Um die (manuelle) Umschaltung zwischen unterer und oberer 'EPROM-Hälfte' vornehmen zu können (zwischen der Thermodrucker- und Floppy-Software), ist ein einpoliger Umschalter erforderlich, der noch in der Frontleiste der CPU-Platine Platz hat. Den Mittelkontakt dieses Umschalters verbinden Sie mit dem Anschlußstift 21 des 2732-EPROMs, und einen der Außenkontakte des Umschalters legen Sie an Masse, den anderen an +5 V. Liegt dieser Umschalter auf LOW (gegen Masse), ist die untere Hälfte des EPROMs aktiv (Thermodrucker-Software); im anderen Fall (Umschalter an +5 V) ist die obere Hälfte mit den Floppy-Routinen aktiviert. Da beide nie gleichzeitig benötigt werden, ist der beschriebene Ausweg ein probates Mittel.

Sollten Sie mit dieser Umrüst-Anleitung nicht klar kommen, senden Sie Ihre CPU-Platine mit den beiden 2716-EPROMs zur Lieferfirma hms ein, damit der Umbau dort vorgenommen werden kann.

Sie müssen übrigens nicht direkt am EPROM herumlöten, sondern können die nachträgliche Verdrahtung auch wie folgt vornehmen:



6. Alles klar für den Disketten-Betrieb

Vor Ihnen liegt eine fertig bestückte und geprüfte Interface-Karte zur Ansteuerung von Floppy-Disk-Laufwerken; entweder haben Sie eine fertige und getestete Karte bezogen, oder Sie haben die Prüfung des zusammengelöteten Bausatzes selbst vorgenommen. Zum Betrieb benötigen Sie jetzt (außer der Interface-Karte und der im EPROM mitgelieferten Treiber-Software) noch folgende Ausstattung (vgl. Abschnitt 2 auf Blatt 11 sowie Abschnitt 4.4 auf Blatt 28):

1. Ein 34poliges Flachbandkabel zum Laufwerk-Anschluß
2. Ein 4poliges Verbindungskabel zur Stromversorgung
3. Eine passende Stromversorgung sowie
4. Das Laufwerk selbst.

Setzen Sie die Interface-Karte (bei ausgeschalteter Versorgungsspannung) in einen freien Steckplatz des Systems ein und stecken Sie das 34polige Flachbandkabel auf die passende Stiftleiste der Platine auf (das Flachbandkabel muß dabei von der Platine weg führen).

Installieren Sie das Laufwerk, indem Sie es entweder ins Gehäuse einbauen (unter der ASCII-Tastatur) oder es als 19-Zoll-Einschub montieren (vorzugsweise die Mikro-Floppies). Den Direkt-Stecker des 34poligen Flachbandkabels stecken Sie auf die Laufwerk-Platine auf (Codierungs-Schlitz und -Nase beachten!). Wenn Sie nur ein Laufwerk betreiben, bleibt das freie Ende des Kabels mit dem zweiten Stecker unbenutzt. Bei zwei (oder mehr) angeschlossenen Laufwerken muß in der Regel (mit Ausnahme des letzten) ein internes Widerstands-Netzwerk entfernt werden, das ansonsten für definierten Leitungsabschluß sorgt, aber beim Parallelbetrieb mehrerer Laufwerke nur einmal vorhanden sein darf. Beachten Sie hierzu bitte die Hersteller-Hinweise.

Dann stecken Sie am Laufwerk den 4poligen Stecker zur Stromversorgung auf (Verpolungssicherung beachten!) und stecken abschließend das EPROM mit der Treiber-Software auf Platz #2 der CPU-Platine. Bezüglich der Stromversorgung schlagen Sie bitte zurück zum Abschnitt 4.4 auf Blatt 28, und wenn Sie die Floppy-Software zusammen mit der Software für den Thermodrucker im System betreiben wollen, sehen Sie im Abschnitt 5.1 nach, wie das im einzelnen abläuft (auf Blatt 31).

6.1 Unterstützung für den Monitor: Der Menü-Aufruf

Die Basis-Routinen für den Disketten-Betrieb wählen Sie über ein eigenes Menü an, das im zugehörigen EPROM (auf CPU-Platz #2) enthalten ist. Von der Anweisungs-Ebene des Monitors aus gelangen Sie in dieses Menü, indem Sie 'D' (für 'Disketten-Betrieb') eingeben. Beachten Sie bitte außerdem, daß im roten Monitor (auf CPU-Platz #0) in Adresse 0024h der Befehlscode 'E9h' stehen muß (vgl. Abschnitt 2 auf Blatt 11); dies ist ab Monitor-Version V 5.3 der Fall (bei Bedarf alte EPROMs rot und gelb zum Umtausch einsenden). Nach dem Aufruf erscheint das untenstehende Menü auf dem Bildschirm, dessen einzelne Funktionen in den folgenden Abschnitten erläutert sind.

Hinweis: Während ein Kommando ausgeführt wird, darf kein weiteres eingegeben werden, es sei denn, Sie brechen das laufende Programm per 'RESET' ab (rote Taste der ASCII-Tastatur) und starten die Floppy-Routinen erneut (per Monitor-Anweisung 'D', s.o.).

MOPPEL-Profi-Monitor, V 5.3
Copyright R.G.'84

o.k.

Anweisung an MOPPEL >d

MOPPEL-FDC-Utilities V 10.2
Copyright hms'84

B: Batch out
C: Copy
D: Disk in
F: Format
M: Monitor
R: Read
W: Write

Zurück in die Monitor-Anweisungs-Ebene kommen Sie durch Eingabe eines 'M', und wenn Sie zu irgendeinem Zeitpunkt des Disketten-Betriebs das Menü erneut dargestellt haben wollen, brauchen Sie nur 'Control' zusammen mit 'C' zu betätigen (Help-Funktion).

6.2 Formatieren

Bevor man eine fabrikneue Diskette benutzen kann, muß man sie formatieren; bei diesem Vorgang schreibt der Controller Spur- und Sektor-Informationen auf die Diskette, damit er sich beim späteren Datentransfer 'orientieren' kann und eine bestimmte Stelle wiederfindet. Sie müssen sich das so ähnlich vorstellen wie unsichtbare Spurrillen, auf einer Schallplatte; bei der Diskette verlaufen die Spuren allerdings als konzentrische Kreise, die einzeln numeriert sind (beginnend mit der Spur 0 ganz außen), und jede Spur ist zusätzlich in 16 einzelne Sektoren unterteilt, die ebenfalls numeriert sind (von 1...16). Im gewählten Format umfaßt jeder Sektor 256 Datenbytes; ein solcher Block ist die kleinste Einheit, auf die man beim Datentransfer mit einer Diskette zugreifen kann.

Achtung! Beim Formatieren einer Diskette werden sämtliche darauf befindlichen Daten überschrieben (gelöscht!). Beim verwendeten Controller bedeutet das, daß sämtliche Sektoren mit '1Ah' vollgeschrieben werden.

Um das Formatieren einzuleiten, wählen Sie auf dem Menü das 'F' an; es erscheint dann folgende Zeile:

Tracks,Step >40,1

Sie müssen nun angeben, mit wievielen Spuren (Tracks) und mit welcher Schritt-Geschwindigkeit (Stepping Rate) Sie Ihre Diskette beschreiben wollen. Beide Parameter sind Laufwerk-abhängig und gehen aus den Hersteller-Angaben hervor. Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies sind (auf jeder Seite der Diskette) 40 Spuren möglich, und die Schritt-Geschwindigkeit beträgt 10 ms (entsprechend einer "1" für die Stepping Rate). Das sind die beiden Werte, die bereits fest voreingestellt sind, die bei Bedarf aber natürlich überschrieben werden können (Komma dazwischen nicht vergessen!).

Wenn Sie ein Laufwerk mit anderen Parametern einsetzen, können Sie die Spur- und Step-Parameter fest im EPROM vorgeben; sie erscheinen dann automatisch bei jedem Aufruf, und Sie ersparen sich die Neueingabe von Werten, die sich ohnehin nicht ändern. In Adresse 2015h des EPROMs steht die Anzahl der Spuren; es sind nur volle Zehner möglich (also z.B. 30 oder 40, nicht aber 35 oder 42), und in dieser EPROM-Zelle wird demzufolge nur der Zehner angegeben, mit einer führenden Null vorweg (also z.B. '03' für 30 Spuren oder '04' für 40 Spuren); maximal sind 80 Spuren möglich. In Adresse 2016h des EPROMs steht die Vorgabe für die Schritt-Geschwindigkeit (00...03 möglich, entsprechend den Stepping Rates von 6 ms (=00), 12 ms (=01), 20 ms (=02) bzw. 30 ms (=03); vgl. auch Eingabe der Stepping Rate beim 'Block Schreiben' bzw. 'Block Lesen').

Es wird immer die Diskette im Laufwerk 0 formatiert, und zwar auf der Seite 0 (Oberseite). Bei nur einem angeschlossenen, einseitigen Laufwerk erübrigen sich diese Angaben, problematisch wird es nur bei Laufwerken mit zwei Schreib/Lese-Köpfen (siehe folgendes Blatt).

Formatieren der Disketten-Unterseite (Seite 1)

Um bei Laufwerken mit zwei Schreib/Lese-Köpfen die Seite 1 (Unterseite) zu formatieren, müssen Sie (manuell) in die dafür vorgesehene Speicherzelle 'SIDNR' (Side Number) eine '01' laden (vor dem Aufruf der Floppy-Routinen). Die Adresse dieser RAM-Zelle ist 2F72h, und das Laden vollziehen Sie per Monitor-Anweisung 'M 2F72', gefolgt von 'Return'. Nach der Eingabe von '01' betätigen Sie ein weiteres Mal 'Return', um das Einschreiben abzuschließen. Mit dem gleichzeitigen Druck auf 'Control' und 'C' verlassen Sie den Eingabe-Modus (nicht mittels RESET!) und können nun per D-Anweisung die Floppy-Routinen aufrufen, um im Laufwerk 0 die Seite 1 zu formatieren. Wenn Sie nacheinander mehrere Disketten auf der Seite 1 formatieren wollen, brauchen Sie die Eingabe der '01' in RAM-Zelle 2F72h nur einmal durchzuführen; sie bleibt bei fortlaufender Formatierung dort erhalten.

Beachten Sie bitte, daß die Diskette zum Formatieren keinen Schreibschutz haben darf; wie der aussieht, hängt vom verwendeten Disketten-Typ ab, bei dem entweder eine Ausstanzung überklebt (bzw. entfernt) wird, oder man gibt durch einen kleinen Schieber eine entsprechende Bohrung frei. Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies leuchtet eine gelbe LED auf, wenn die eingelegte Seite der Diskette schreibgeschützt ist.

6.3 Daten 'zu Scheibe' bringen: Block schreiben

Beim Schreiben können Sie auf jeden beliebigen Sektor zugreifen, allerdings wird mindestens immer ein Datenblock von 256 Bytes aufzeichnet (ein kompletter Sektor, kleinstmögliche Einheit, die man auf der Diskette ansprechen kann). Nach oben hin sind an sich keine Grenzen gesetzt, aber es ist nicht sinnvoll, auf einmal mehr als 64 KBytes aufzuzeichnen, weil das der gesamte Adreßraum eines 8-Bit-Mikrocomputers ist. Selbstverständlich können Sie nacheinander so viele Daten aufzeichnen, wie die Diskette faßt.

Das Schreiben spielt sich im Dialogverkehr ab, bei dem Sie die einzelnen Parameter nacheinander eingeben; vom System erscheinen zu jeder Abfrage bestimmte Vorschläge (Voreinstellungen), die Sie bei Bedarf natürlich ändern können (einfach überschreiben, aber das Komma dazwischen nicht vergessen! Falls gewünscht, können Sie mit dem Cursor auch zurückgehen, um Fehler auszubügeln). Um das Schreiben einzuleiten, wählen Sie auf dem Menü das 'W' an (für 'Write'); es erscheint dann folgende Zeile:

Drive,Side >0,0

Sie müssen jetzt angeben, mit welchem Laufwerk (Drive) und welcher Disketten-Seite (Side) Sie arbeiten wollen. Da Sie maximal vier Laufwerke anschließen können, sind die Laufwerks-Nummern 0, 1, 2 oder 3 möglich. Achten Sie bitte darauf, daß bei mehreren Laufwerken deren Adresse (hardwaremäßig im Laufwerk) einzustellen ist. In der Regel geschieht dies mit einer kleinen internen Drahtbrücke, die bei Laufwerk-Nummer 0 auf 'DS0' stehen muß ('Drive Select 0'), bei Nr.1 auf 'DS1', bei Nr.2 auf 'DS2' und entsprechend ist bei Laufwerk-Nummer 3 die Brücke 'DS3' zu schließen. Die Angabe einer Seite ist nur für Laufwerke mit zwei Schreib/Lese-Köpfen vorgesehen (0=Oberseite, 1=Unterseite); das hat nichts damit zu tun, daß manche Disketten zweiseitig zu beschreiben sind, denn hierbei wenden Sie ja die Diskette, wenn Sie auf die andere Seite zugreifen wollen, weil eben nur ein einziger Schreib/Lese-Kopf vorhanden ist.

Hinweis: Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppy-Laufwerken werden bestimmte Betriebszustände über eingebaute Leuchtdioden angezeigt: Eine grüne LED leuchtet, wenn die Seite A der Diskette oben ist, eine rote LED zeigt an, daß Seite B oben ist, und wenn die eingelegte Seite einen Schreibschutz trägt, ist (unabhängig von Rot oder Grün) eine gelbe LED aktiv.

Die Eingaben für Laufwerk und Seite schließen Sie mit 'Return' ab; wenn Sie auf das (vorgeschlagene) Laufwerk 0 und die Disketten-Seite 0 zugreifen wollen, brauchen Sie in dieser Zeile gar nichts einzugeben und können mit 'Return' sofort zur nächsten Zeile weiter-schalten:

Track,Sector >01,1

Es werden hier die Spur- (Track) und Sektor-Nummer erwartet, bei denen das Aufzeichnen der Daten beginnen soll (unabhängig von der Länge des aufzuzeichnenden Datenblocks). Die Eingaben erfolgen dezimal, wobei in Abhängigkeit vom eingesetzten Laufwerk maximal 80 Spu-

ren zulässig sind (Nummern 1...79d). Die Sektoranzahl liegt mit 16 (pro Spur) fest (Nummern 1...16d). Auch diese Eingaben schließen Sie mit 'Return' ab, um zur nächsten Zeile fortzuschalten:

Stepping Rate >1

Sie müssen jetzt angeben, welches die maximale Impulsfolge ist, mit der der Schrittmotor für die Kopfpositionierung beaufschlagt werden darf (geht aus den Hersteller-Angaben hervor). Es sind vier Zeiten möglich, die wie folgt abgekürzt werden: 6 ms (und weniger) entsprechen einer '0', bei 7...12 ms wird eine '1' eingegeben, bei 13...20 ms eine '2', und bei größeren Schrittgeschwindigkeiten müssen Sie eine '3' eingeben. Stimmt dieser Wert nicht mit den Laufwerk-Daten überein, kann sich das Laufwerk beim Suchen der angegebenen Stelle 'verhaspeln', d.h. die betreffende Stelle wird nicht gefunden. Weitere negative Auswirkungen hat eine Falscheingabe an dieser Stelle nicht.

Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies beträgt die Stepping Rate 10 ms, so daß hierfür eine '1' einzugeben ist, das ist der Grund, warum dieser Wert beim Erscheinen der Zeile vorgeschlagen wird (bei Bedarf können Sie diese Voreinstellung im EPROM ändern, vgl. Abschnitt 6.2 auf Blatt 34).

Beachten Sie bitte, daß die Diskette zum Beschreiben keinen Schreibschutz haben darf; wie der aussieht, hängt vom verwendeten Disketten-Typ ab, bei dem entweder eine Ausstanzung überklebt (bzw. entfernt) wird, oder man gibt durch einen kleinen Schieber eine entsprechende Bohrung frei (vgl. Fehlermeldung Error # F06 auf Blatt 45). Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies leuchtet eine gelbe LED auf, wenn die eingelegte Seite der Diskette schreibgeschützt ist. - Nachdem Sie auch die Eingabe der Schritt-Geschwindigkeit mit 'Return' abgeschlossen haben, folgt die Angabe des RAM-Quellbereichs, von dem aus die Daten auf Diskette überschrieben werden; dazu erscheint folgende Zeile:

Start,End Pg. >90,9F

Sie geben hier die obere Hälfte der Start- und Endadresse des gewünschten RAM-Bereichs an, von dem der Datentransfer ausgehen soll (die Page Number von Start- und Endadresse). Die Startadresse wird am Ende automatisch auf '00' ergänzt, die Endadresse jeweils auf 'FF' am Ende. Die vorgeschlagene Angabe von 90(00) bis 9F(FF) bedeutet demnach, daß ein RAM-Bereich von 4 KBytes aufgezeichnet werden soll, beginnend bei Adresse 9000h und endend bei Adresse 9FFFh. Jede andere Kombination ist möglich, nur sollte (aus Gründen der Sinnfälligkeit) die Endadresse nicht größer sein als die Startadresse. Wenn Sie nur einen Datenblock von 256 Bytes Länge behandeln wollen, geben Sie für Start- und Endadresse dieselbe Seiten-Nummer ein (z.B. 90,90). Da der erste Wert am Ende auf '00' und der zweite auf 'FF' ergänzt werden, interpretiert die Software diese Eingabe als RAM-Bereich von 9000...90FFFh; und das sind genau 256 Bytes (=1 Page oder 1 Sektor).

Nachdem auch diese vierte Zeile mit 'Return' abgeschlossen worden ist, beginnt der Datentransfer auf Diskette. Verläuft er erfolgreich (d.h. ergibt das automatische Prüflernen keine Fehler), dann meldet sich das System mit 'o.k.' zurück. Andernfalls wird eine Fehlermeldung ausgegeben (vgl. Abschnitt 6.7 auf Blatt 43).

6.4 Was man magnetisiert besitzt: Block lesen

Beim Lesen können Sie auf jeden beliebigen Sektor zugreifen, allerdings wird mindestens immer ein Datenblock von 256 Bytes aufgezeichnet (ein kompletter Sektor, kleinstmögliche Einheit, die man auf der Diskette ansprechen kann). Nach oben hin sind an sich keine Grenzen gesetzt, aber es ist nicht sinnvoll, auf einmal mehr als 32 KBytes einzulesen, weil der verfügbare RAM-Bereich des MOPPEL maximal 32 K umfaßt. Selbstverständlich können Sie nacheinander so viele Daten einlesen, wie die Diskette hergibt.

Das Lesen spielt sich im Dialogverkehr ab, bei dem Sie die einzelnen Parameter nacheinander eingeben; vom System erscheinen zu jeder Abfrage bestimmte Vorschläge (Voreinstellungen), die Sie bei Bedarf natürlich ändern können (einfach überschreiben, aber das Komma dazwischen nicht vergessen! Falls gewünscht, können Sie mit dem Cursor auch zurückgehen, um Fehler auszubügeln). Um das Lesen einzuleiten, wählen Sie auf dem Menü das 'R' an (für 'Read'); es erscheint dann folgende Zeile:

Drive,Side >0,0

Sie müssen jetzt angeben, mit welchem Laufwerk (Drive) und welcher Disketten-Seite (Side) Sie arbeiten wollen. Da Sie maximal vier Laufwerke anschließen können, sind die Laufwerks-Nummern 0, 1, 2 oder 3 möglich. Achten Sie bitte darauf, daß bei mehreren Laufwerken deren Adresse (hardwaremäßig im Laufwerk) einzustellen ist. In der Regel geschieht dies mit einer kleinen internen Drahtbrücke, die bei Laufwerk-Nummer 0 auf 'DS0' stehen muß ('Drive Select 0'), bei Nr.1 auf 'DS1', bei Nr.2 auf 'DS2' und entsprechend ist bei Laufwerk-Nummer 3 die Brücke 'DS3' zu schließen. Die Angabe einer Seite ist nur für Laufwerke mit zwei Schreib/Lese-Köpfen vorgesehen (0=Oberseite, 1=Unterseite); das hat nichts damit zu tun, daß manche Disketten zweiseitig zu beschreiben sind, denn hierbei wenden Sie ja die Diskette, wenn Sie auf die andere Seite zugreifen wollen, weil eben nur ein einziger Schreib/Lese-Kopf vorhanden ist.

Hinweis: Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppy-Laufwerken werden bestimmte Betriebszustände über eingebaute Leuchtdioden angezeigt: Eine grüne LED leuchtet, wenn die Seite A der Diskette oben ist, eine rote LED zeigt an, daß Seite B oben ist, und wenn die eingelegte Seite einen Schreibschutz trägt, ist (unabhängig von Rot oder Grün) eine gelbe LED aktiv.

Die Eingaben für Laufwerk und Seite schließen Sie mit 'Return' ab; wenn Sie auf das (vorgeschlagene) Laufwerk 0 und die Disketten-Seite 0 zugreifen wollen, brauchen Sie in dieser Zeile gar nichts einzugeben und können mit 'Return' sofort zur nächsten Zeile weiter-schalten:

Track,Sector >01,1

Es werden hier die Spur- (Track) und Sektor-Nummer erwartet bei denen das Einlesen der Daten beginnen soll (unabhängig von der Länge des einzulesenden Datenblocks). Die Eingaben erfolgen dezimal, wobei in Abhängigkeit vom eingesetzten Laufwerk maximal 80 Spuren zu-

lässig sind (Nummern 1...79d). Die Sektoranzahl liegt mit 16 (pro Spur) fest (Nummern 1...16d). Auch diese Eingaben schließen Sie mit 'Return' ab, um zur nächsten Zeile fortzuschalten:

Stepping Rate >1

Sie müssen jetzt angeben, welches die maximale Impulsfolge ist, mit der der Schrittmotor für die Kopfpositionierung beaufschlagt werden darf (geht aus den Hersteller-Angaben hervor). Es sind vier Zeiten möglich, die wie folgt abgekürzt werden: 6 ms (und weniger) entsprechen einer '0', bei 7...12 ms wird eine '1' eingegeben, bei 13...20 ms eine '2', und bei größeren Schrittgeschwindigkeiten müssen Sie eine '3' eingeben. Stimmt dieser Wert nicht mit den Laufwerk-Daten überein, kann sich das Laufwerk beim Suchen der angegebenen Stelle 'verhaspeln', d.h. die betreffende Stelle wird nicht gefunden. Weitere negative Auswirkungen hat eine Falscheingabe an dieser Stelle nicht.

Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies beträgt die Stepping Rate 10 ms, so daß hierfür eine '1' einzugeben ist, das ist der Grund, warum dieser Wert beim Erscheinen der Zeile vorgeschlagen wird (bei Bedarf können Sie diese Voreinstellung im EPROM ändern, vgl. Abschnitt 6.2 auf Blatt 34).

Beim Lesen ist es unerheblich, ob bei der Diskette der Schreibschutz aktiviert ist oder nicht. Folglich spielt es keine Rolle, ob in diesem Fall eine für den Schreibschutz vorgesehene Anzeige (z.B. LED) aufleuchtet oder nicht.- Nachdem Sie auch die Eingabe der Schritt-Geschwindigkeit mit 'Return' abgeschlossen haben, folgt die Angabe des RAM-Zielbereichs, in den die Daten von Diskette überschrieben werden; dazu erscheint folgende Zeile:

Start,End Pg.>90,9F

Sie geben hier die obere Hälfte der Start- und Endadresse des gewünschten RAM-Bereichs an, zu dem hin der Datentransfer erfolgen soll (die Page Number von Start- und Endadresse). Die Startadresse wird am Ende automatisch auf '00' ergänzt, die Endadresse jeweils auf 'FF' am Ende. Die vorgeschlagene Angabe von 90(00) bis 9F(FF) bedeutet demnach, daß in einen 4-K-RAM-Bereich eingelesen werden soll, beginnend bei Adresse 9000h und endend bei Adresse 9FFFh. Jede andere Kombination ist möglich, nur sollte (aus Gründen der Sinnfälligkeit) die Endadresse nicht größer sein als die Startadresse. Wenn der angegebene Adreßbereich nicht mit RAMs bestückt ist (sondern beispielsweise mit ROMs oder unbestückt), kann das Einlesen natürlich keinen rechten Erfolg haben!

Wenn Sie nur einen Datenblock von 256 Bytes Länge behandeln wollen, geben Sie für Start- und Endadresse dieselbe Seiten-Nummer ein (z.B. 90,90). Da der erste Wert am Ende auf '00' und der zweite auf 'FF' ergänzt werden, interpretiert die Software diese Eingabe als RAM-Bereich von 9000...90FFh; und das sind genau 256 Bytes (=1 Page oder 1 Sektor).

Nachdem auch diese vierte Zeile mit 'Return' abgeschlossen worden ist, beginnt der Datentransfer von Diskette. Verläuft er erfolgreich (d.h. ergibt das automatische Prüflernen keine Fehler), dann meldet sich das System mit 'o.k.' zurück. Andernfalls wird eine Fehlermeldung ausgegeben (vgl. Abschnitt 6.7 auf Blatt 43).

6.5 Abkupfern erlaubt: Diskette kopieren

Sie haben mit den Floppy-Routinen die Möglichkeit, Daten von einer Diskette auf die andere zu überschreiben (zu kopieren). Dies setzt natürlich die Bestückung mit zwei Laufwerken voraus; wenn Ihr Computer nur ein Laufwerk besitzt, müssen Sie zum Kopieren von der Ausgangs- (Quell-)Diskette Daten ins RAM einlesen und diese (nach dem Wechsel der Disketten) auf die Ziel-Diskette überschreiben.

Das Kopieren erfolgt immer vom Laufwerk 0 zum Laufwerk 1, und zwar wird stets nur die Seite 0 (Oberseite) übertragen; die Zieldiskette in Laufwerk 1 muß dazu formatiert sein (vgl. Abschnitt 6.2 auf Blatt 34). Außerdem muß die große Speicherkarte des MOPPEL voll mit RAMs bestückt sein (sonst kann sie die 32-K-Datenblöcke nicht aufnehmen).- Sie leiten das Kopieren ein, indem Sie auf dem Menü das 'C' (für 'Copy') anwählen. Es erscheint dann folgende Zeile:

Tracks,Step >40,1

Sie müssen nun angeben, mit wievielen Spuren (Tracks) und mit welcher Schritt-Geschwindigkeit (Stepping Rate) Sie Ihre Diskette beschreiben wollen. Beide Parameter sind Laufwerk-abhängig und gehen aus den Hersteller-Angaben hervor. Bei den von der Firma hms empfohlenen 3-Zoll-Mikro-Floppies sind (auf jeder Seite der Diskette) 40 Spuren möglich, und die Schritt-Geschwindigkeit beträgt 10 ms (entsprechend einer "1" für die Stepping Rate). Das sind die beiden Werte, die bereits fest voreingestellt sind, die bei Bedarf aber natürlich überschrieben werden können (Komma nicht vergessen!).

Wenn Sie ein Laufwerk mit anderen Parametern einsetzen, können Sie die Spur- und Step-Parameter fest im EPROM vorgeben; sie erscheinen dann automatisch bei jedem Aufruf, und Sie ersparen sich die Neueingabe von Werten, die sich ohnehin nicht ändern. In Adresse 2015h des EPROMs steht die Anzahl der Spuren; es sind nur volle Zehner möglich (also z.B. 30 oder 40, nicht aber 35 oder 42), und in dieser EPROM-Zelle wird demzufolge nur der Zehner angegeben, mit einer führenden Null vorweg (also z.B. '03' für 30 Spuren oder '04' für 40 Spuren); maximal sind 80 Spuren möglich. In Adresse 2016h des EPROMs steht die Vorgabe für die Schritt-Geschwindigkeit (00...03 möglich, entsprechend den Stepping Rates von 6 ms (=00), 12 ms (=01), 20 ms (=02) bzw. 30 ms (=03); vgl. auch Eingabe der Stepping Rate beim 'Block Schreiben' bzw. 'Block Lesen').

Sie starten den Kopiervorgang, indem Sie nach Eingabe der Spuranzahl und Schritt-Geschwindigkeit 'Return' betätigen. Die verwaltende Software liest dann von der Diskette in Laufwerk 0 nacheinander Datenblöcke von 32 KBytes Länge ins RAM ein und überschreibt diese anschließend auf die Diskette in Laufwerk 1. Parallel dazu erscheint auf dem Bildschirm die Nummer des jeweiligen Blocktransfers, damit Sie verfolgen können, wie weit der Kopiervorgang bereits fortgeschritten ist.

Um 40 Spuren (mit fester Länge von jeweils 4 KBytes) zu kopieren, sind bei diesem Verfahren fünf Blocktransfers zu je 32 KB notwendig; die auf dem Bildschirm erscheinenden Nummern beginnen in diesem Fall bei 4 und werden sequentiell auf 0 heruntergezählt. Bei 80 Spuren (pro Disketten-Seite) wären zehn 32-K-Transfers erforderlich, so daß die Nummern 9...0 erscheinen würden. Nach jedem Lese- und Schreibvorgang erscheint abschließend die o.k.-Meldung, wenn der Vorgang fehlerfrei abgelaufen ist.

6.6 Ein Byte, ein Wort - ein Batch, ein Vorspann

Der Vorteil des maschinennahen Disketten-Zugriffs besteht darin, daß Sie jede gewünschte Stelle auf der Diskette ansprechen können. Bei einer Blockbehandlung mit symbolischen Namen (File Handling) wird Ihnen dieser Zugriff vom Disketten-Betriebssystem aus der Hand genommen. Der Nachteil beim blockorientierten Schreiben und Lesen besteht darin, daß Sie eine ganze Reihe von Parametern eingeben müssen (vgl. 'Block schreiben' bzw. 'Block lesen' auf Blatt 36 bzw. Blatt 38), ehe Sie den eigentlichen Schreib- oder Lesevorgang starten können. Um diesen Nachteil beim Einlesen von Programmen zu umgehen, ist die Möglichkeit des Batch-Betriebes geschaffen worden (dt. etwa 'Zusammenfassung eines ganzen Haufens von Bearbeitungs-Anweisungen').

Batch-Vorspann (Menü-Anweisung 'B') und Disk Input (Menü-Anweisung 'D') gehören paarweise zusammen. Beim Batch-Vorspann schreibt man an den Anfang der Diskette alle Parameter, die zu einem Programm gehören: Laufwerk- und Seiten-Nummer, Spur- und Sektor-Nummer, Schritt-Geschwindigkeit sowie RAM-Bereich, in dem das Programm beim späteren Wiedereinlesen abgelegt werden soll. Zusätzlich gibt man beim Batch-Vorspann an, bei welcher Startadresse das Programm beginnt. Pro Diskette sind 32 derartige Batches möglich (B-Nummern 0...31). Sowohl bei der Ausgabe (per B-Anweisung) als auch beim späteren Wiedereinlesen (per D-Anweisung) muß diese Nummer mit angegeben werden, um den passenden Vorspann herauszufinden.

Beim späteren Einlesen mit der D-Anweisung (Eingabe von 'D' plus Batch-Nummer genügt) holt sich die Treiber-Software sämtliche Parameter direkt von der Diskette (aus dem Batch-Vorspann), liest das Programm von der angegebenen Stelle der Diskette in den spezifizierten RAM-Bereich des Computers ein und startet es bei der ebenfalls angegebenen Adresse. Dies ist ein sehr eleganter und noch dazu einfacher Weg, Programme von Diskette zu laden und unmittelbar zu starten.

Beachten Sie bitte, daß beim Batch-Betrieb (und nur dann!) der Sektor 1 auf Spur 0 reserviert ist, unabhängig davon, wieviele Spuren die Diskette umfaßt. In diesem Sektor werden die Daten sämtlicher Batch-Vorspanne abgelegt, die beim Wiedereinlesen im CPU-RAM-Bereich 2D00...2DFFh landen. Achten Sie darauf, daß dieser RAM-Bereich beim Batch-Betrieb überschrieben wird, damit nicht versehentlich die dort abgelegten Daten verlorengehen!

Die Wirkung und die Generierung eines Batch-Vorspanns machen Sie sich am besten an einem Beispiel klar. Wenn Sie mit dieser Form der Datenaufzeichnung noch nichts zu tun hatten, vollziehen Sie das Beispiel getrost mehrere Male in aller Ruhe nach; es bereitet nicht nur Ihnen beim ersten Kennenlernen ein paar Gedanken-Verrenkungen, die sich aber schnell entkrampfen, wenn Sie sich das Ziel vor Augen halten, das hinter allem steckt: Mit Hilfe des Batch-Vorspanns holen sich die Floppy-Routinen beim Einlesen eines Programms (oder Datenblocks) sämtliche Parameter automatisch, die Sie sonst mühsam nacheinander eingeben müssen. Nach dem Einlesen des eigentlichen Programms erfolgt unmittelbar der Programmstart an jeder beliebigen, ebenfalls angegebenen Adresse. Alles, was Sie nach dem einmaligen Aufbringen des Batch-Vorspanns dazu tun müssen, ist die Eingabe von 'D' zusammen mit der gewünschten Batch-Nummer 0...31.

Beispiel: Mit Hilfe des Editors (EPROM auf Platz #7 der großen Speicherkarte) haben Sie das Quell-Listing für ein Programm erstellt, das Sie anschließend assemblieren wollen. Um es für Dokumentationszwecke zu archivieren (und für spätere Änderungen bereitzuhalten), überschreiben Sie es auf Diskette. Der Editor legt seine Listings im RAM-Bereich ab 9000h ab, und wenn Sie dieses Quellprogramm (mit den Assembler-Codes für die Befehle) archivieren wollen, gehen Sie dazu zunächst so vor, wie es im Abschnitt 6.3 beschrieben ist ('Block schreiben' auf Blatt 36). Sie dürfen in diesem Fall nur nicht den Sektor 1 auf Spur 0 beschreiben, weil der fest für den Batch-Vorspann reserviert ist.

Um anschließend den Batch-Vorspann aufzubringen, muß sich die Diskette (mit dem bereits gespeicherten Datenblock) im Laufwerk 0 befinden. Den Batch-Vorspann bereiten Sie vor, indem Sie auf dem Menü das 'B' anwählen; es erscheint dann folgende Zeile:

Number, Start >0,2800

Als Batch-Nummer wird Ihnen die '0' vorgeschlagen, und als Startadresse des späteren Programms '2800h' (im CPU-RAM). Angenommen, Sie akzeptieren die Null als Batch-Nummer (weil es noch keine anderen Programme auf dieser Diskette gibt), dann gehen Sie mit dem blinkenden Cursor zwei Stellen nach rechts. Hier steht die Startadresse, bei der der Computer nach dem späteren Wiedereinlesen mit der Programmausführung beginnen soll. Das muß nicht notwendigerweise der Beginn des RAM-Bereichs sein, in den die Daten von Diskette eingelesen werden! Im hier betrachteten Beispiel wäre es doch naheliegender, als Startadresse '7000' anzugeben (Beginn des Editors). Der Computer holt sich dann später das Quell-Listing von Diskette und springt sofort in den (bei 7000h beginnenden) Editor, damit Sie Ihr Listing inspizieren und gegebenenfalls modifizieren können. Dazu müssen Sie den Batch-Vorspann nur noch komplettieren, indem Sie die Eingabezeile für Batch-Nummer und Startadresse mit 'Return' abschließen.

Achtung! In diesem Fall muß die Startadresse unbedingt vierstellig (hexadezimal) angegeben werden, also nicht nur die obere Hälfte wie beim Block-Schreiben oder -Lesen!

Danach müssen Sie (in vier weiteren Zeilen) dieselben Parameter eingeben wie beim Block-Lesen (vgl. Abschnitt 6.4 auf Blatt 38). Diese Parameter definieren die zur Batch-Nummer 0 gehörenden Randbedingungen, unter denen der zugehörige Datenblock auf der Diskette zu identifizieren ist.- Nach Abschluß der letzten Zeile durch 'Return' wird der gesamte Batch-Vorspann auf den ersten Sektor der Diskette geschrieben (Spur 0, Sektor 1). Um den damit definierten Datenblock wieder einzulesen, brauchen Sie nur 'D 0' einzugeben, gefolgt von 'Return'; das System holt sich dann die zur Batch-Nummer 0 gehörenden Parameter, liest den entsprechenden Datenblock ein und springt automatisch nach 7000h in den Editor.

Nach demselben Schema können Sie pro Diskette bis zu 32 solcher Batches erzeugen (Nummern 0...31); deren Startadressen können völlig frei gewählt werden, und es ist auch nicht erforderlich, daß die Batch-Nummern in einer bestimmten Reihenfolge vergeben werden (z.B. lückenlos und aufsteigend).

6.7 Gelbe Karten vom Programm: Die Fehlermeldungen

Nach jedem Disketten-Zugriff wertet die Treiber-Software die vom Controller-Baustein stammenden Status-Meldungen aus, egal, ob es sich um eine Scheib-, Lese- oder Formatier-Operation handelt. Aus diesen Signalen geht hervor, ob und gegebenenfalls welche, Fehler aufgetreten sind (vgl. Abschnitt 3.3 'Statuswort' auf Blatt 20). Das Unterprogramm 'TEST' erzeugt aus den Fehlersignalen eine codierte Fehlermeldung mit den Codes #F00...#F07; nachstehend finden Sie die Erläuterung zu diesen acht Meldungen. Beachten Sie bitte generell zwei Dinge: Erstens arbeiten die Floppy-Routinen ausschließlich mit doppelter Schreibdichte ('DD' und 'MFM'; vgl. Abschnitt 2 auf Blatt 11), und zweitens sollten Sie stets qualitativ hochwertige Disketten verwenden; billige Ware verschmutzt Ihnen nicht nur den Kopf (erst den im Laufwerk, dann den eigenen), sondern Sie gehen auch noch die Gefahr ein, daß die mit viel Aufwand erstellten Dateien verlorengehen!

Error # F00

Da haben Sie sich im Ton vergriffen, denn **die Floppy-Software kennt die eingegebene Anweisung gar nicht** (vgl. Menü; Sie können es jederzeit aufrufen, indem Sie 'Control' zusammen mit 'C' betätigen). Beachten Sie auch, daß Sie zwei Parameter durch ein Komma trennen müssen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß Sie sich auf der Ebene der Floppy-Routinen (und nicht in der Monitor-Anweisungsebene!) befinden; wenn Sie hier beispielsweise ein 'M' anwählen, erfolgt der Rücksprung in die Monitor-Ebene; befinden Sie sich aber bereits in der Anweisungsebene des Monitors, rufen Sie per 'M' die Maschinenebene auf.

Error # F01

Moment mal, Sie sind mit Ihrer Parameter-Eingabe über das Ziel hinausgeschossen! Sie haben **zulässige Grenzen überschritten oder ein völlig falsches Zeichen eingegeben**, wo doch Zahlen erwartet werden! Halten Sie sich bitte folgende Grenzwerte für die einzelnen Parameter vor Augen, bei deren Über- (oder Unter-)schreiten es zu Nörgeleien der verwaltenden Software kommt:

Drive (Laufwerk):	0,1,2,3
Side (Seite):	0,1
Track (Spur):	0...79
Sector (Sektor):	1...16
Stepping Rate (Schritt-Geschwindigkeit):	0,1,2,3
Start Page (RAM-Anfang <obere Adreßhälfte>):	0...FF
End Page (RAM-Ende <obere Adreßhälfte>):	0...FF
(Batch)Number (Batch-Nummer):	0...31
Start (Batch-Startadresse; vierstellig!)	0000....FFFF

Error # F02

Da ist der Faden gerissen! Beim Schreiben oder Lesen sind **Daten verlorengegangen**, was zwei Ursachen haben kann: Beim Schreiben hat die CPU ein vom Floppy-Controller angefordertes Datenwort nicht rechtzeitig bereitgestellt, oder beim Lesen ist ein vom Controller bereitgestelltes Datenwort nicht rechtzeitig von der CPU abgerufen worden (vgl. Abschnitt 1.4 auf Blatt 9). Haben Sie möglicherweise eine falsche Schrittgeschwindigkeit (Stepping Rate) eingegeben, oder ist die Interrupt-Struktur Ihres Computers durch irgendwelche Einflüsse gestört? Oder bieten Sie der verwaltenden Software gar eine Diskette an, die mit einfacher Schreibdichte beschrieben (oder formatiert) worden ist?

Error # F03

Verwirrung auf der Diskette, denn **die Prüfsumme stimmt nicht** (CRC = Cyclic Redundancy Check). Beim Schreiben erzeugt der Controller automatisch eine komplizierte Prüf-Information, die er mit auf der Diskette unterbringt; beim Lesen wird dann (ebenfalls vollautomatisch) kontrolliert, ob die erneute Prüfung zum selben Ergebnis kommt (vgl. Abschnitt 3.1 auf Blatt 16). Ist das nicht der Fall, liegt mit Sicherheit ein Übertragungsfehler vor! Haben Sie etwa die Disketten-Oberfläche mit den Fingern begriffen? Oder lagen Ihre Scheiben gar in praller Sonne, auf dem Fernseher, oder sind sie anderweitig das Opfer tödlicher Magnetfelder geworden?

Error # F04

Disketten-Zugriff Fehlanzeige, **die gewünschte Stelle konnte nämlich nicht gefunden werden!** Wenn Sie Ihre Diskette vorher nie formatiert haben, brauchen Sie sich darüber nicht zu wundern; denn dann hat sie noch keine Spur- und Sektor-Informationen. Und wenn Sie auf einer mit 40 Spuren beschriebenen Diskette die Spur 41 oder gar 89 suchen, dann kann die ebenfalls kein Mensch finden (und ein harmloser Controller schon gar nicht!). Dasselbe gilt für Disketten, die statt der geforderten doppelten nur mit einfacher Schreibdichte beschrieben (oder formatiert) worden sind (mit der mitgelieferten Software ist das nicht möglich, aber wer weiß, woher die Diskette stammt, die Sie gerade beim Wickel haben?!).

Error # F05

Sie wollten Daten von der Diskette holen, aber **die Datenmarke im Identifikationsfeld eines Sektors ist gelöscht!** Normalerweise haben Sie dazu gar keinen Zugriff, aber mit gezielter Falschbehandlung einer Diskette schaffen Sie auch solche Unmöglichkeiten! In diesem Fall hilft nur das Neu-Formatieren weiter (was mit dem kompletten Löschen der Diskette einhergeht!).

Error # F06

So so, Sie wollen auf eine Diskette schreiben, und haben übersehen, daß der **Schreibschutz aktiv** ist! Leider gibt es bei den unterschiedlichen Laufwerk-Typen keine einheitliche Regelung, wie der Schreibschutz auszusehen hat. Bei den 5-Zoll-Disketten ist für den Schreibschutz eine kleine Ausstanzung am Rand vorgesehen; einige Laufwerke erwarten, daß diese Kerbe zugeklebt ist, um auf die Scheibe schreiben zu können, andere schreiben nur dann, wenn die Kerbe nicht überklebt ist; schauen Sie diesbezüglich bitte in den Hersteller-Unterlagen nach. Bei den 3-Zoll-Mikro-Disketten ist pro Seite eine kleine Plastiknase vorgesehen, die (zum Schreibschützen) eine Bohrung freigibt; das Beschreiben ist hierbei nur möglich, wenn die betreffenden Bohrungen verschlossen sind.

Error # F07

Einer der simpelsten Fehler, denn **das Laufwerk ist gar nicht betriebsbereit!** Entweder haben Sie eine Laufwerk-Nummer aufgerufen, unter der gar keins angeschlossen ist; oder Sie haben eins angeschlossen, aber die interne Selektierungs-Brücke falsch belegt (Brücke 'DS0' beim Laufwerk Nr.0 schließen, 'DS1' bei Nr.1 usf.). Natürlich erfordert die Betriebsbereitschaft auch, daß die Diskette ordnungsgemäß eingelegt ist, und Sie, soweit vorhanden, die Laufwerk-Klappe schließen!

Hinweis: Nach dieser Fehlermeldung stoppt der Laufwerk-Motor nicht automatisch, wie es nach anderen Fehlern passiert, sondern erst nach Abschluß des nächsten Kommandos.

7. Ins Eingemachte gehen: Die FDC-Unterprogramme im Detail

Möglicherweise wollen Sie einige Unterprogramme für den Disketten-Zugriff in eigene Programme einbauen. Dann müssen Sie dazu bestimmte Randbedingungen kennen, unter denen dies möglich ist. Bedienen Sie sich dazu der untenstehenden Tabelle mit den entsprechenden Erläuterungen:

Adr.	Label	Bedeutung	Register-Übergabe					
			B	C	D	E	H	L
8000h	FKALT	Kaltstart für FDC-Routinen	-	-	-	-	-	-
8003h	FORDSK	Diskette formatieren	Sb	Nt	-	-	-	-
8006h	WRBLK	Block schreiben	Sb	Nr	Tn	Sn	>RAM<	
8009h	RDBLK	Block lesen	Sb	Nr	Tn	Sn	>RAM<	
800Ch	WRSEC	Sektor schreiben	Sb	-	Tn	Sn	>RAM<	
800Fh	RDSEC	Sektor lesen	Sb	-	Tn	Sn	>RAM<	
8012h	CPYBLK	32-K-Block kopieren	Sb	-	Tn	-	-	-

Nr: **Number of Records** (Anzahl der Sektoren)

Im Gegensatz zu 'Sn' steht hier die Anzahl der insgesamt zu übertragenden Sektoren.

Nt: **Number of Tracks** (Anzahl der Spuren)

Im Gegensatz zu 'Tn' steht hier die Anzahl der insgesamt vorhandenen Spuren.

>RAM: **RAM Pointer** (RAM-Startadresse)

Beginn des RAM-Buffers, in den bzw. aus dem die Datenübertragung erfolgt.

Sb: **Select Byte** (Übergabe-Parameter)

Aufbau und Bedeutung der einzelnen Bits finden Sie auf Blatt 1 des Listings im Anhang.

Sn: **Sector Number** (Sektor-Nummer)

Im Unterschied zu 'Nr' steht hier die Nummer desjenigen Sektors, bei dem der Datentransfer beginnt.

Tn: **Track Number** (Spur-Nummer)

Im Gegensatz zu 'Nr' steht hier die Nummer derjenigen Spur, bei der der Datentransfer beginnt.

Beim Rücksprung aus diesen Unterprogrammen steht im Akkumulator (Reg A) das vom Controller-Baustein übergebene Status-Wort (vgl. Abschnitt 3.3 auf Blatt 20).