

Chaostreff LB praktisch 30.7.2025

**Der Flux-Kompensator und die
Vergangenheit der Datenträger –
Disketten sichern mit Kryoflux**
Heinz/Harvey
(<https://chaos.social/@harvey>)

Disketten, Grundlagen

- Erfunden 1971 von IBM (8", 81,6 K)
- Sehr populär in den 80ern und 90ern
- Im 21 Jh. verdrängt von CD-R und USB-/Flash-Storage
- Schreibschutz
 - Bei 5,25"-Disketten muss man die Schreibschutz-Aussparung mit einem kleinen Aufkleber überkleben (schließen), um den Schreibschutz zu aktivieren.
 - 3,5"-Disketten haben einen kleinen Schieber. Hier ist die Bedeutung genau anders herum: Ein offenes Loch bedeutet Schreibschutz!

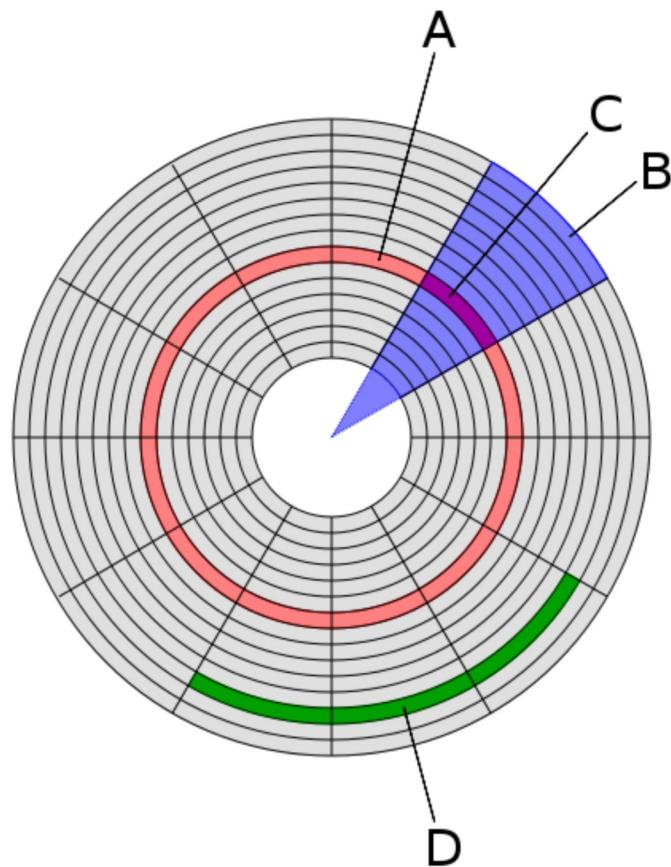


Disketten sind wie Jesus:
„They became the icon of saving“



document-
save-symbolic

Disketten, High-Level-Eigenschaften



Format: 8“, 5,25“, 3,5“

Single-Sided, Double-Sided

Double-Density, Hight-Density

A: Tracks (40, 80)

B: (Geographical) sector, sectors per track (8, 9, 15)

C: (Logical) sector (2 x 512 bytes, #1-720, #1-1400, #1-2880)

D: File (unfragmented), allocating 3 sectors

Disketten, gängige historische Formate, PC

SIZE (in inches)	TRACKS (per side)	SECTORS (per track)	SIDES	DENSITY	CAPACITY (nominal)
5,25	40	9	2	DD	360 K
5,25	80	15	2	HD	1,2 M
3,5	80	9	2	DD	720 K
3,5	80	18	2	HD	1,44 M

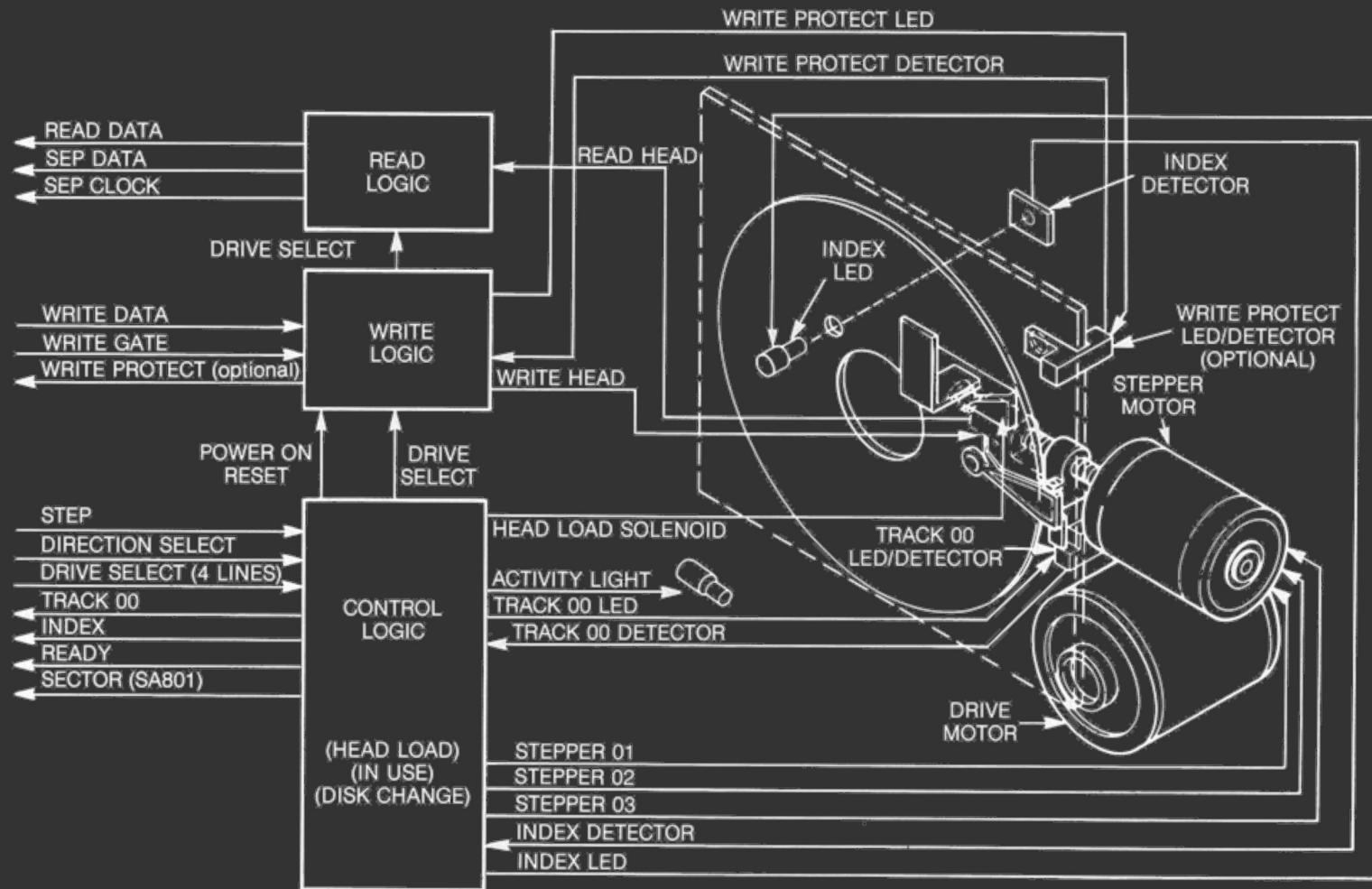
Disketten, historische Formate, Apple

Mit der Einführung des Ur-Mac 1984 hat Apple das 3,5"-Diskettenformat populär gemacht, allerdings abweichend zum PC-Standard mit variabler Umdrehungsgeschwindigkeit und mit GBR- statt MFM-Kodierung.

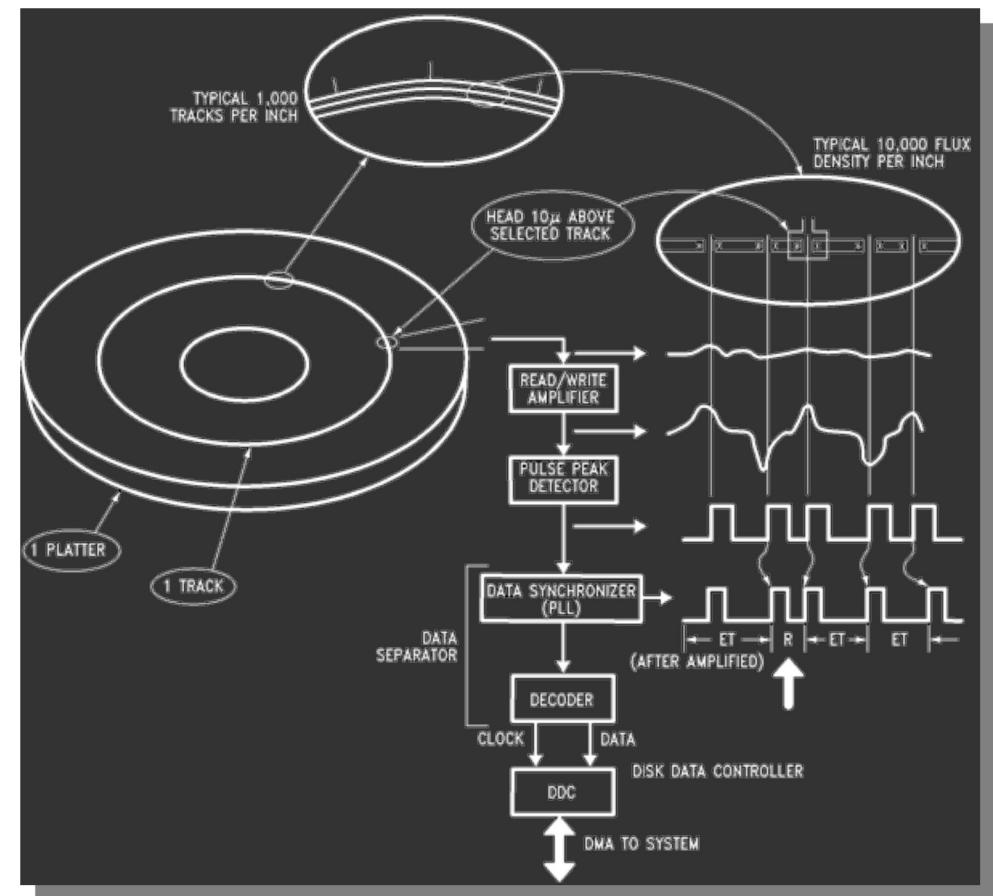
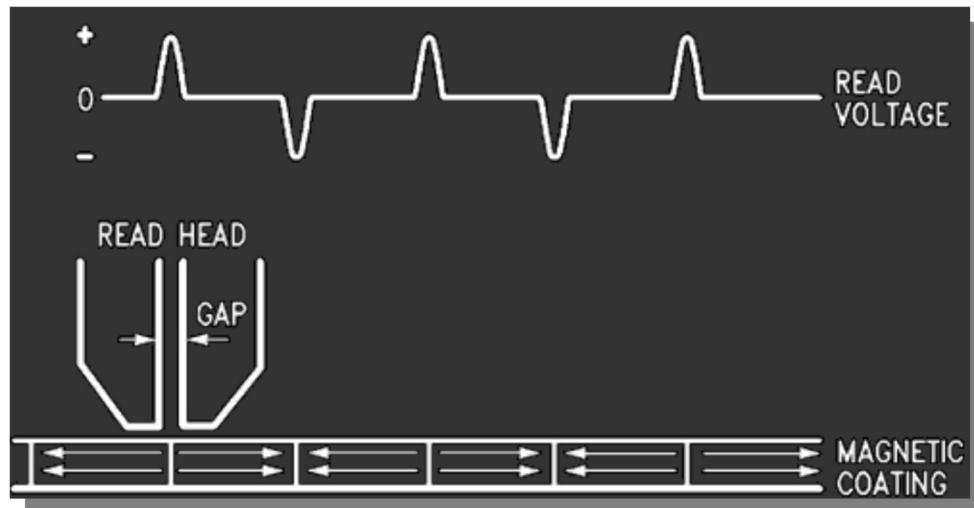
Derartige Disketten lassen sich mit Bordmitteln auf keinem PC-artigen Diskettenlaufwerk lesen (wohl aber mit Kryoflux). Umgekehrt konnten Macs ab 1988 PC-artige Disketten lesen und schreiben.

1984: Macintosh [128, 512]	400 K
1986: Macintosh Plus	400, 800 K
1988: Macintosh IIx	400, 800, 1440 K ("Superdrive")
1998: iMac ff.	kein Diskettenlaufwerk mehr

Disketten, Low-Level-Eigenschaften, Laufwerk



Disketten, Low-Level-Eigenschaften, Lesevorgang



Disketten, Low-Level-Eigenschaften, MFM-Encoding

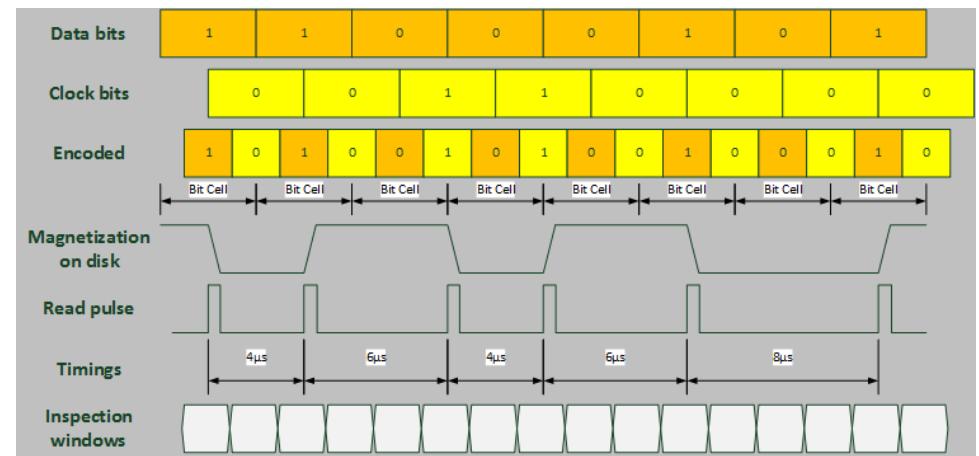
Jedes Mal, wenn bei einem Lesevorgang der Lesekopf den Wechsel der Magnetisierungsrichtung (Flux) auf der Magnetschicht eines Tracks feststellt, signalisiert das ein bestimmter Pin des Floppy-Controllers.

Nun kann man aber nicht einfach jede logische Null als z.B. Süd-, und jede logische Eins als z.B. Nord kodieren, weil lange Folgen gleichlautender Magnetisierungen bzw. Bits schwer zu zählen wären. Da kommt die MFM-Kodierung ins Spiel („Modified Frequency Modulation“), die die meisten Disketten verwenden. Die MFM-Kodierung mischt in die Nutzdaten noch ein Taktsignal hinein. Neben der zeitlichen Taktung der Daten sorgt das auch dafür, dass nicht zu lange gleichartige Folgen der Magnetisierung entstehen. Bei MFM gibt es im Endeffekt nur drei Fälle:

- 1) Die Magnetisierungsrichtung wechselt nach (nominell) 2 μ s (short transition, S), bedeutet die MFM-Bitfolge 0b10.
- 2) Die Magnetisierungsrichtung wechselt nach (nominell) 3 μ s (medium transition, M), bedeutet die MFM-Bitfolge 0b100.
- 3) Die Magnetisierungsrichtung wechselt nach (nominell) 4 μ s (long transition, L), bedeutet die MFM-Bitfolge 0b1000.

<https://floppy.cafe/mfm.html#pulse-encoder> bietet einen interaktiven MFM-Encoder und -Decoder.

Die Bytefolge „LB“ (0x4c, 0x42) beispielsweise wäre MFM-kodiert 0010010010100101 0010010101001001 und führt zu dem Flux-Muster MMMSMSMMSSMM.

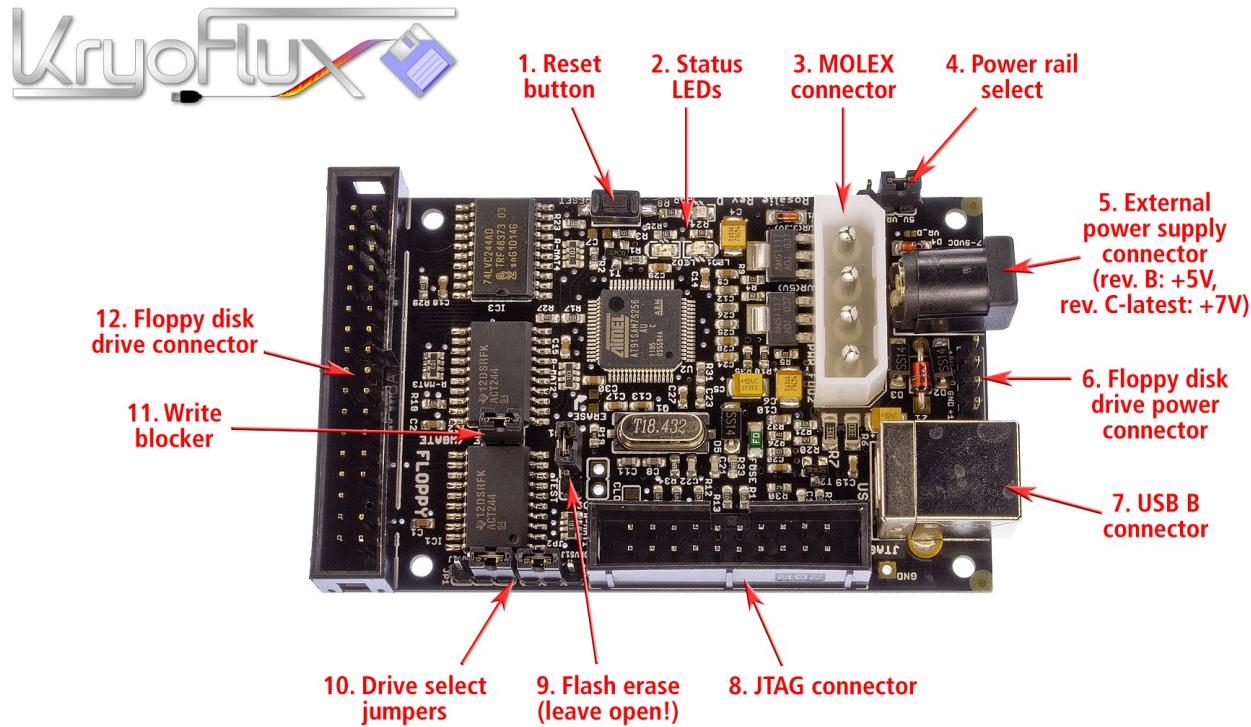


Disketten, wie kopieren?

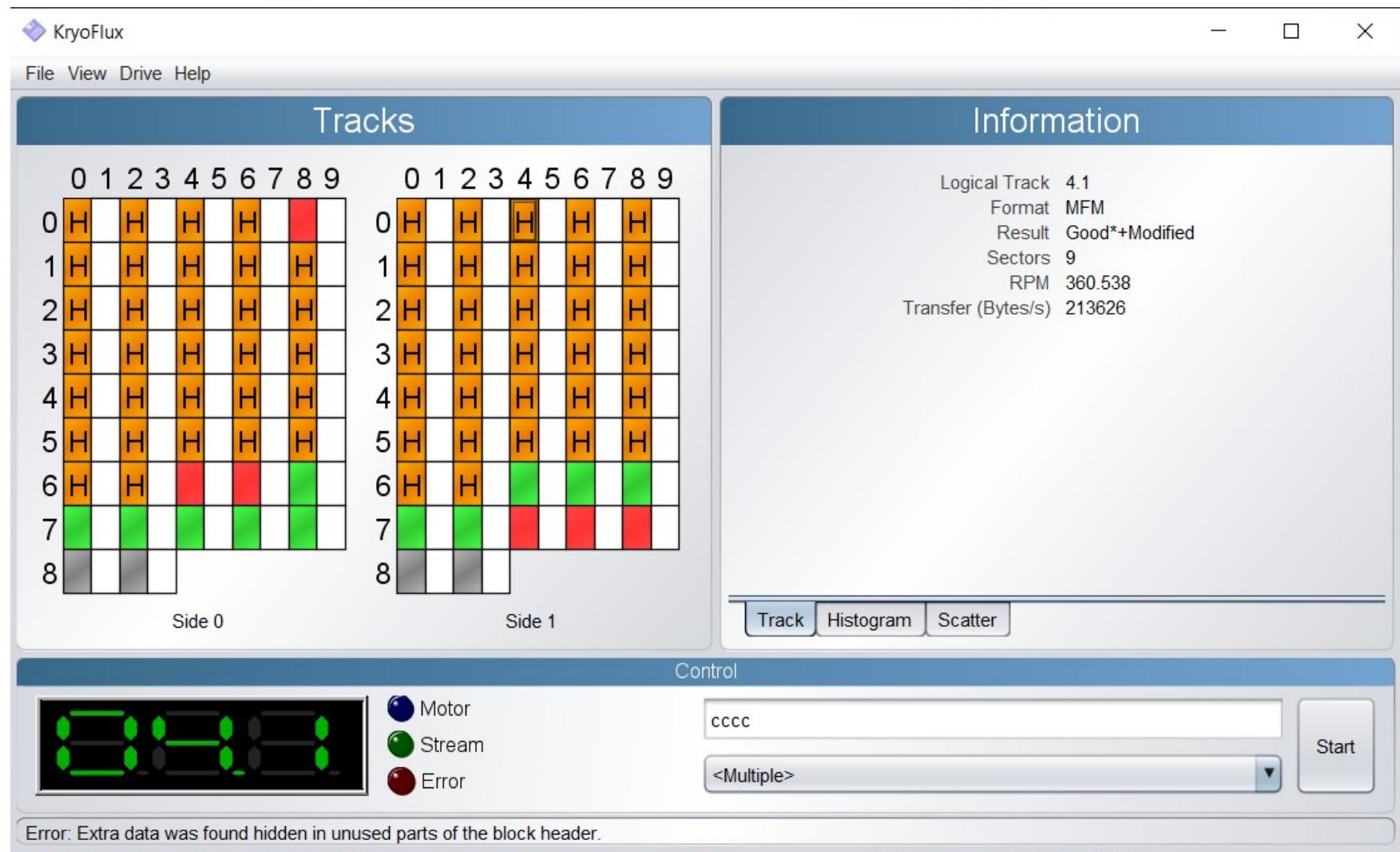
Methode	Was wird kopiert?	Was geht verloren?	Was muss bekannt sein?
Dateiweise Kopie (cp)	Dateinamen und -Inhalte, z.T. technische Metadaten	Manche technische Metadaten, gelöschte Dateien, Dateifragmente, Sektorpositionen, leere Sektoren, usw.	Filesystem, Partitionen und alle Ebenen darunter
Sektorweise Kopie (dd, ddrescue) des Devices	Alle technischen Metadaten, Sektoren (idR. inkl. Boot-Sektor und Partitionstabelle)	Inoffizielle Daten außerhalb der Sektoren und Tracks, Kopierschutze, die Flux-Transitionen	Sektor-Layout, Kodierung (z.B. MFM) und alle Ebenen darunter
Kryoflux Stream Files	Timing der Flux-Transitionen. (PC-, Apple-, Amiga-, Atari-, C64-Disketten, ... – ganz egal!)	Die physische Anmutung (Farbe, Aufkleber, Beschriftung) und das Zugriffsgeräusch	Anzahl der Tracks (insbesondere nicht die Kodierung!)

Kryoflux, Übersicht

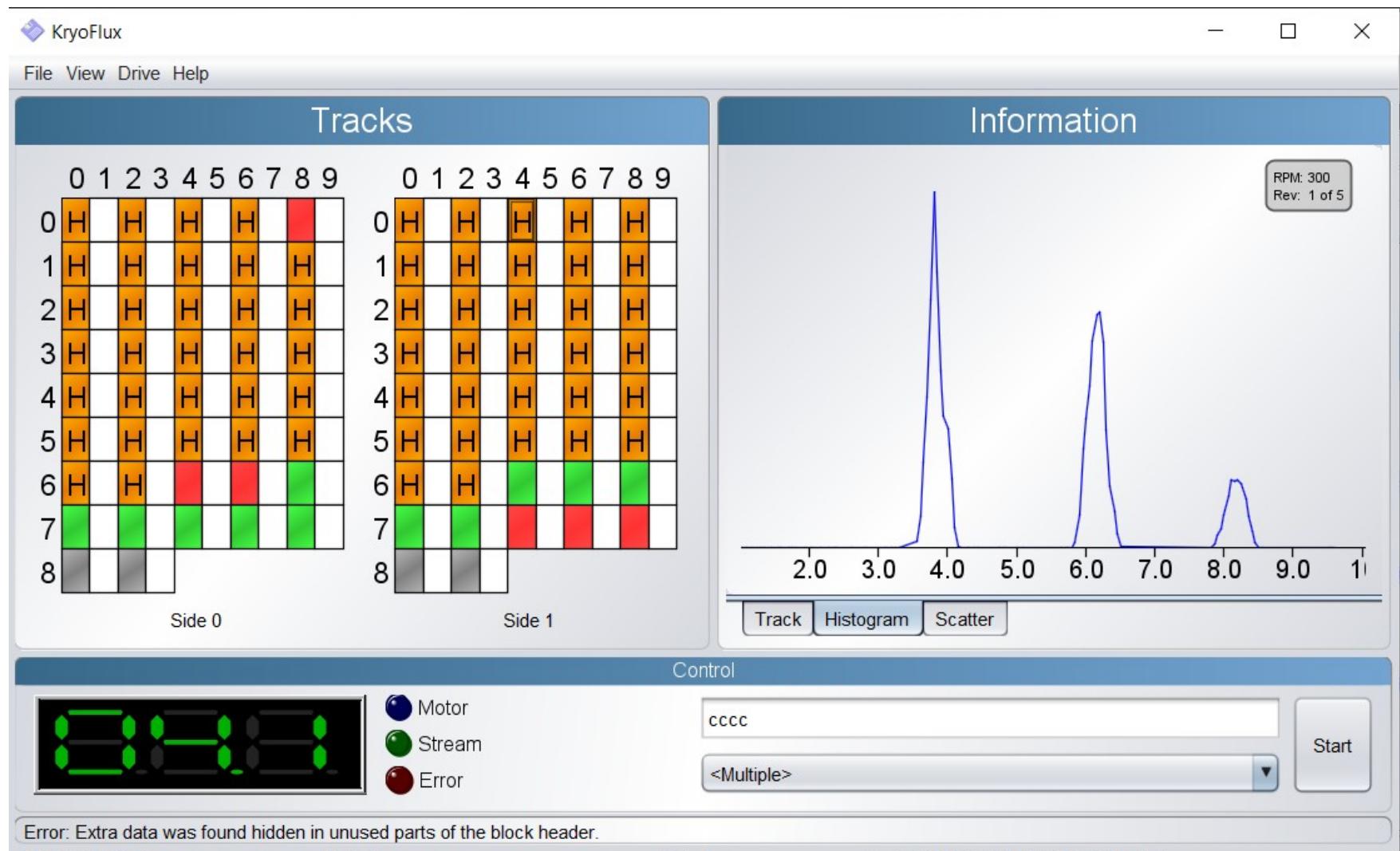
Kryoflux ist ein spezielles Board, das sich über USB2 mit einem PC verbindet und auf der anderen Seite ein oder zwei 3,5" oder 5,25" Diskettenlaufwerke mit Original-Flachbandkabeln ansteuern kann.



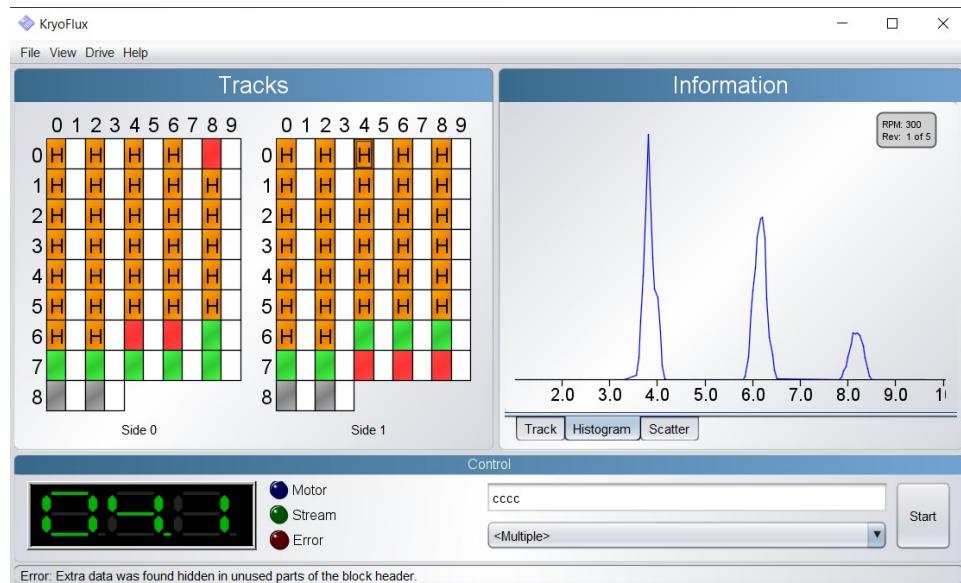
Kryoflux, GUI



Kryoflux, GUI, Histogram

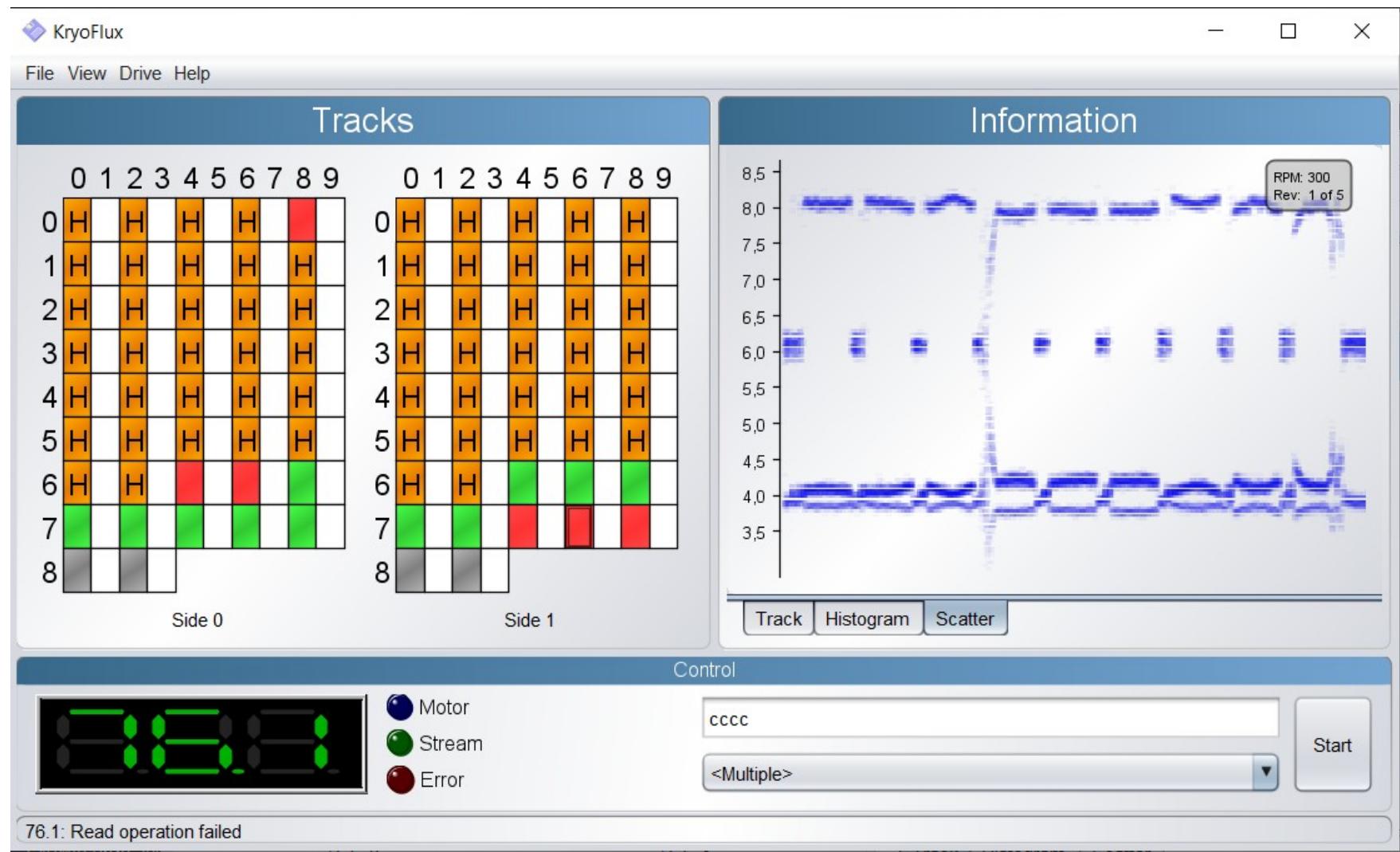


Kryoflux, GUI, Histogramm

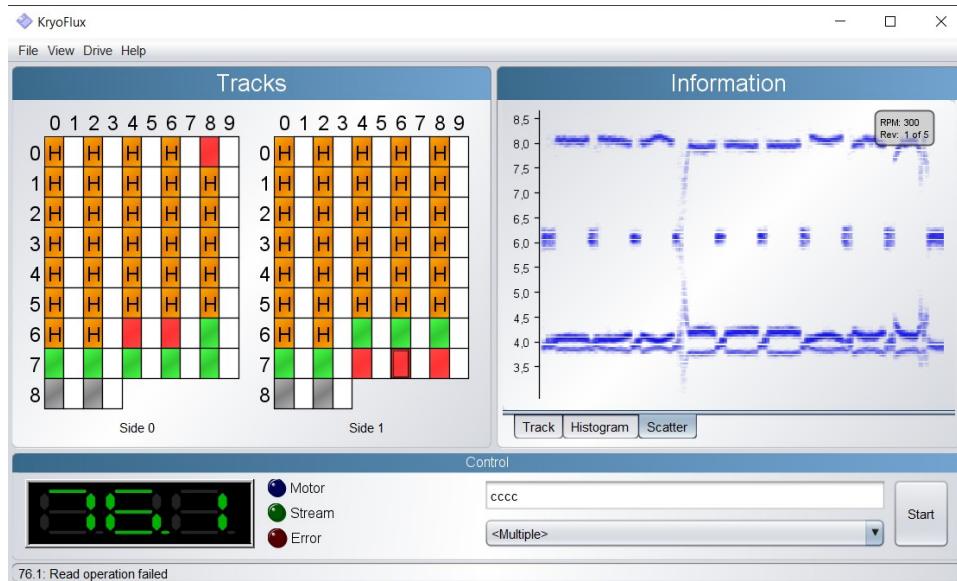


Das Kryoflux-Histogramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der drei Flusswechsel (S, M, L) in einem Track. Die drei Spitzen sind typisch für MFM-Kodierung. Sind sie verwaschen oder gar nicht vorhanden, ist der Track fehlerhaft oder unformatiert.

Kryoflux, GUI, Scatter Plot



Kryoflux, GUI, Scatter Plot

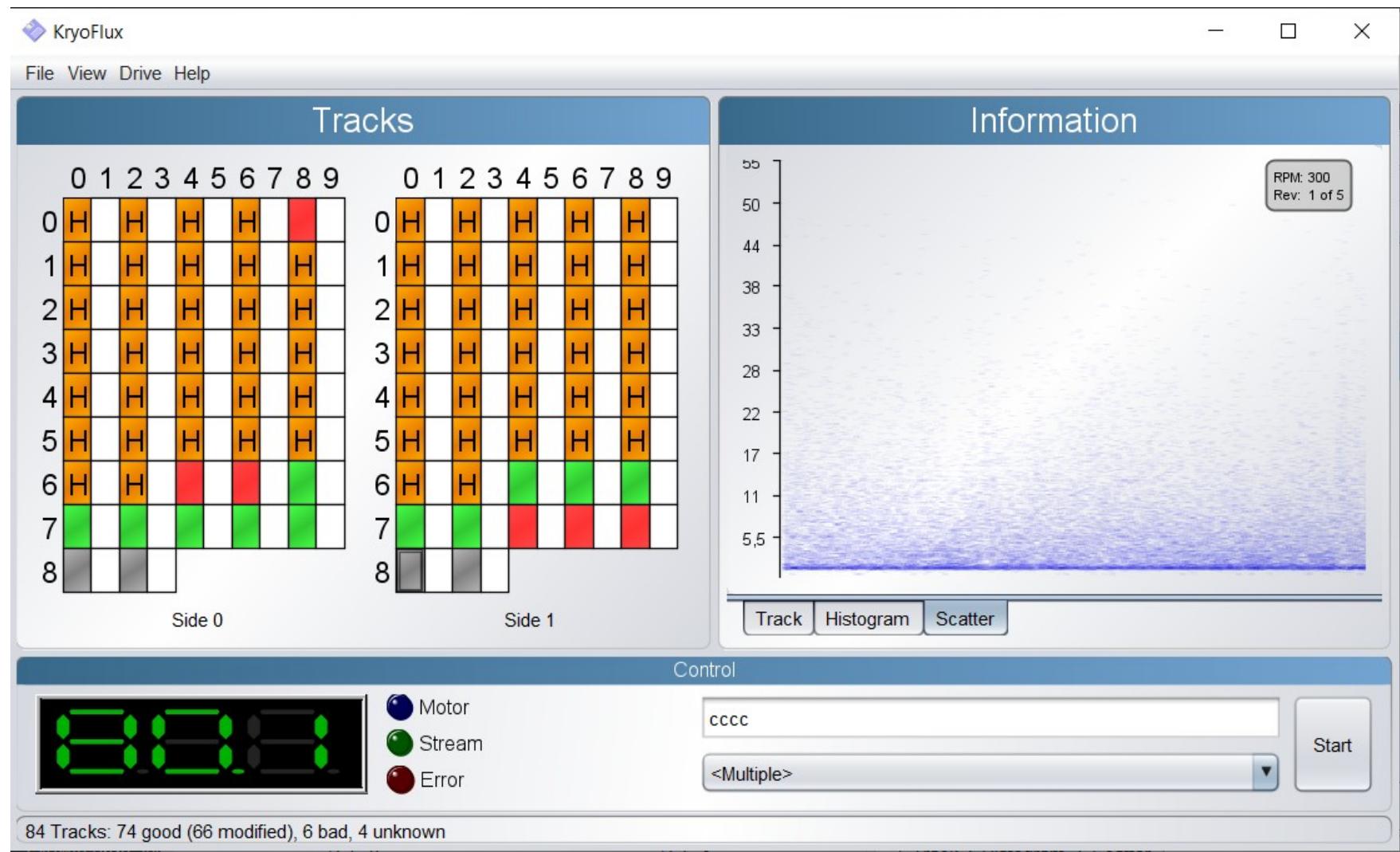


Der Scatterplot zeigt auf der Y-Achse, wann ein Flusswechsel aufgetreten ist, also auch welcher (S, M, L). Die X-Achse zeigt den zeitlichen Verlauf einer Umdrehung eines Tracks. (Bei 300 RPM sind es 5 Umdrehungen pro Sekunde, also 0,2 Sekunden für eine Umdrehung. Der Mauspfeil zeigt den Zeitpunkt auf der X-Achse auch an.)

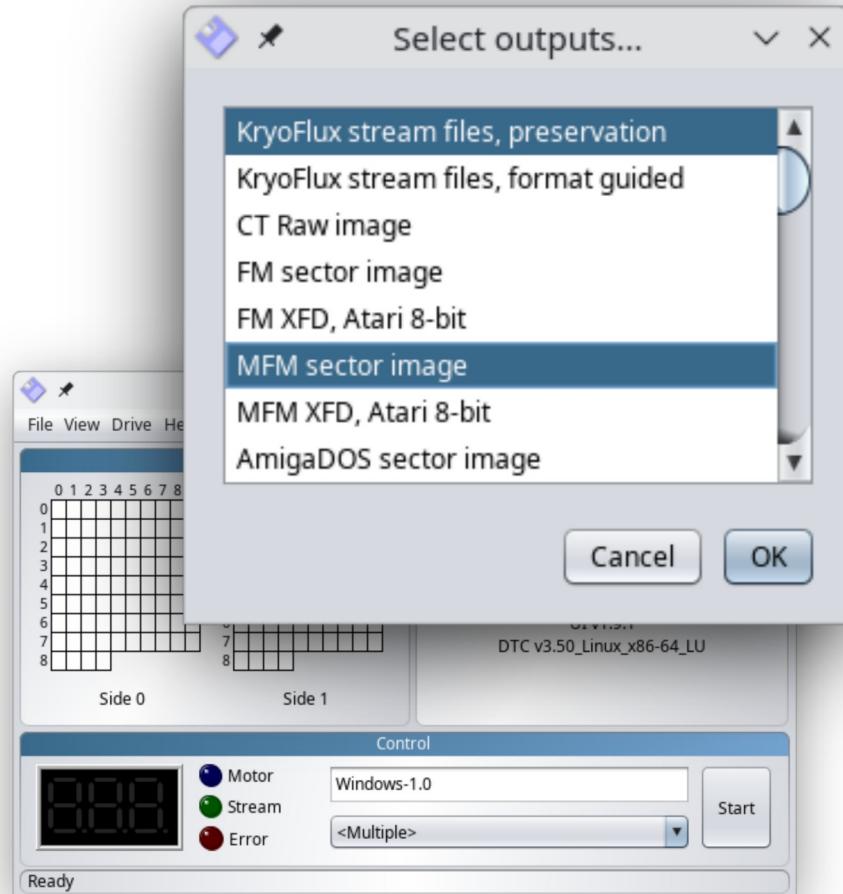
Der Scatterplot zeigt also alle gelesenen Flusswechsel (indirekt: Daten) einer Umdrehung eines Tracks. Durch die hohe Zahl der Datenpunkte ergibt sich der Eindruck unterschiedlicher Farbintensität. Mit der Maus kann man in den Plot hineinzoomen, bis man die einzelnen Datenpunkte erkennen kann.

Die Sektoren eines Tracks sind durch bestimmte Standard-Bytesequenzen voneinander getrennt. Daher kann man die Sektoren oft schon als zusammenhängende Blöcke optisch erkennen und auf ihre Anzahl schließen.

Kryoflux, GUI, Scatter Plot, unformatierter Track



Kryoflux, GUI, Ausgabeformate



Kryoflux speichert wahlweise die formatneutralen Flux-Informationen als Stream-Files oder formatspezifische klassische Sektor-Images (ähnlich wie dd), die sich z.B. in Emulatoren mounten lassen. Oder auch beides gleichzeitig.

Stream-Files von unbekannten Disketten lassen sich auch wieder als Quelle verwenden, um experimentell daraus Sektor-Images zu erzeugen, bis man das korrekte Format gefunden hat.

Sektor-Images lassen sich auch auf physische Disketten zurückschreiben.

Kryoflux, CLI, physische Amiga-Diskette beschreiben

```
$ dtc -fAmiga-Kickstart-1.2-adf.adf -w -wp0
Image name: Amiga-Kickstart-1.2-adf.adf
Image type: ADF
Image sides: 2
Image tracks: 80
Analysis time: 0.001 s
Side 0: td: 1, cf: off, data: 80, unformatted: 0, nfr: 0
Side 1: td: 1, cf: off, data: 80, unformatted: 0, nfr: 0
Filter mode: side -wg: 3, crosstalk -wk: 3
Side mode: side -g: 2, td -k: 2, flip -wy: 0, flippy -y: 0
Write mode: bias -wb: 0, erase -we: 0
00.0      : Writing ADF, trk: 000
00.0      : Verify: OK
00.1      : Writing ADF, trk: 001
00.1      : The streaming device reported a transfer error
00.1      : Writing ADF, trk: 001
00.1      : Verify: OK
[...]
```

(-wp0 sagt, dass wir ein PAL-, kein NTSC-System verwenden. Das hat Auswirkungen auf das Timing und die Fehlerrate auf der Diskette.)

Links

Floppy-Grundlagen

- Cole, Josh: Floppy Cafe. 2024. <https://floppy.cafe/>
- Haardt, Michael: The floppy user guide. 1996. https://info-coach.fr/atari/hardware/_fd-hard/floppy-ug.pdf
- Louis-Guérin, Jean: Atari ST FD Hardware. 2017. <http://info-coach.fr/atari/hardware/FD-Hard.php>
- Stay Forever [Podcast]: Die Diskette (SFT 18). 2025. <https://www.stayforever.de/2025/03/die-diskette-sft-18/>
- Storr, Phil: Floppy disk drives. 1998. <https://web.archive.org/web/20210724033019/http://philipstorr.id.au/pcbook/book4/book4.htm>

Links

Kryoflux

- Shop: <https://webstore.kryoflux.com>
- Hersteller-Doku: https://www.kryoflux.com/?page=kf_docs
- Community-Doku:
<https://github.com/archivistsguidetokryoflux/archivists-guide-to-kryoflux>
- Forum: <http://forum.kryoflux.com/>

Das war's, nun lasst uns praktisch werden!

Soweit nicht anders angeben:



CC-BY-NC 4.0

Heinz Werner Kramski-Grote

Kramski@web.de

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>