

Der mobile Fahrscheindrucker FABUS 1

Eine Entwicklung des

**VEB Wissenschaftlich-Technisches-Zentrum des Kraftverkehrs
der Hauptverwaltung Kraftverkehr im Ministerium für
Verkehrswesen der DDR**

(WTZK)

Seit 1996 befindet sich ein Exemplar in den Technischen
Sammlungen Dresden, dieser Beitrag beschreibt das
Inbetriebnehmen von 2 weiteren Geräten nach einer langen Zeit
der Inaktivität.



Am 14.10.2016 haben es Ralf Nerlich und Andreas Kretschmer versucht, zwei Geräte des Typs „mobiler Fahrscheindrucker FABUS 1“, in Betrieb zu nehmen.

Beide sind ehemalige Entwicklungsingenieure der Gruppe T4 Mikroelektronik, der Abteilung Technik des WTZK.



Bild 1: Die zwei Geräte, vorn rechts Gerät 1



Bild 2: Das Nadeldruckwerk mit Farbbandkassette und Papierantrieb, der Fahrschein wurde mit der Hand abgerissen

Gerät 1 war ursprünglich im Bereich des Kraftverkehrs Freital als Nummer 062 unterwegs, der letzte Fahrscheineintrag datierte vom 31.01.1997. Das war zu erkennen, weil beim Ausdruck eines Fahrscheins immer schon ein Teil des nächsten Fahrscheins (Datum, Kraftverkehrsbetrieb und laufende Nummer) gedruckt wird. Und dieser Teil war noch im Drucker.

Dieses Gerät hat war bei Andreas Kretschmer in einem Dachboden gelagert. Also zum Zeitpunkt der Wiederinbetriebnahme war das Gerät rund 19 Jahre und 9 Monate nicht in Betrieb.



Bild 3: Gerät 1, der letzte erste Teil des Fahrscheins vom Kraftverkehr Freital

Gerät 2 wurde am 14.08.1990 in der Produktion das letzte Mal benutzt und anschließend vom technischen Leiter des Produzenten, dem Verkehrskombinates Gera, Herrn Helmut Förster, eingelagert. 2016 wurde das Gerät uns ehemaligen Entwicklern zur Verfügung gestellt. Dieses Gerät war also 26 Jahre und 2 Monate nicht in Betrieb.



Bild 4: Gerät 2, der letzte 1. Teil des Probedrucks

Die Inbetriebnahme setzte die Bereitstellung einer 24V Gleichspannung, der Bordspannung eines Autobusses voraus und als Ralf Nerlich so ein Gerät besorgt hatte, konnte es also losgehen.

Von der Inbetriebnahme gibt es 3 Videos.

„Gerät 1 Inbetriebnahme.mp4“

„Gerät 2 Deckelabnehmen.mp4“

„Gerät 2 Inbetriebnahme.mp4“



Bild 5: Gerät1 läuft an



Bild 6: Gerät 2 läuft an

Bei Gerät 2 hatten wir keinen Schlüssel für das Einschalten über den Schlüsselschalter und mussten diesen durch Eingriff in das Innenleben des Druckers überbrücken. Daher die Abnahme des verplombten Deckels.

Nach der durchaus positiv verlaufenden Inbetriebnahme, die Geräte liefen also an, aber brachten den Fahrschein nur fragmentarisch heraus, bzw. Gerät 2 druckte kurz, fiel aus dem Programm und startete selbständig neu, wurden beide Geräte getrennt untersucht und in Betrieb genommen.

Folgende Erkenntnisse wurden gewonnen:

Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit von Gerät 1:

Fehlerbild Gerät 1: kein vollständiger Druck, es kommt nur ein kurzes Stück des Fahrscheines heraus.

Maßnahmen:

Die Hauptsicherung F2 war mit Grünspan überzogen und hatte einen Übergangswiderstand von 400 Ohm. Die Farbbandkassette war eingetrocknet und die 9 Nadeln des Druckers schwergängig, bzw. total festgeklebt.



Bild 7; Grünspan am Sicherungshalter und an der Sicherung



Bild 8: Neue Sicherung und Sicherungshalter



Bild 9: Nadeldruckkopf mit festgeklebten Nadeln



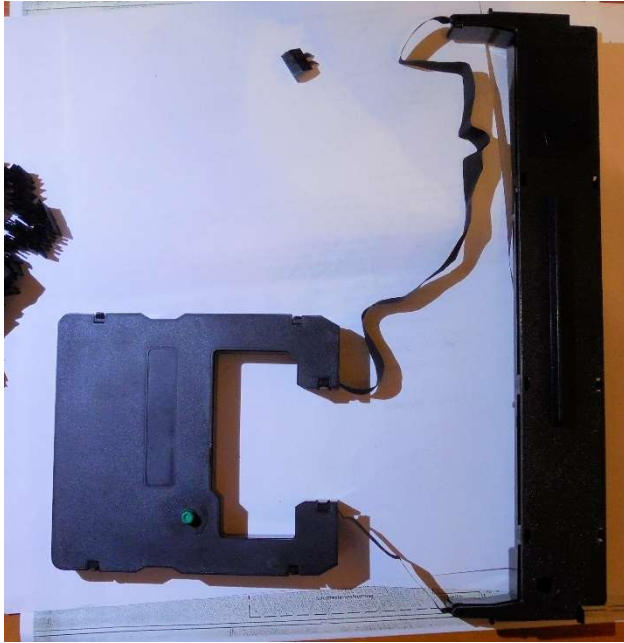


Bild 10: Neues Farbband einsetzen

Nach Ersatz des Sicherungshalters mit einer neuen Sicherung, das (mühselige) Einspulen eines heute erhältlichen Farbbandes einer Kassette mit anderen Außenabmessungen und einer gründlichen Reinigung des Druckkopfes mit Isopropanol, druckt der FABUS 1 wieder wie früher.

Ralf Nerlich hatte sich der Mühe unterzogen das alte Programm zu untersuchen und so anzupassen, dass Datumseingaben über das Jahr 2000 hinaus, eine Grenze war früher 99, möglich wurden.

Dazu das Video „Gerät 1 druckt.mp4“

Interessant in diesem Zusammenhang, dass die verwendete Lithium-Herzschrittmacherbatterie den statischen 1 KByte CMOS RAM zuverlässig mit Spannung versorgt hat und die Daten noch erhalten waren. Druckparameter und Betriebsdaten. Zirka 30 Jahre nach Einbau noch volle Spannung! Der Stützstrom beträgt $\ll 1 \mu\text{A}$. Der weitere Datenerhalt ist für viele Jahrzehnte (>90 Jahre!) möglich.

Lithiumbatterie LiS 2300
Kenn-Nr. 9631.1

Lithium Battery LiS 2300
Code no. 9631.1



Bild 11: Technische Daten Stützbatterie

Technische Kennwerte:
Technical Data:

Nennspannung	Rated voltage	2,8 V	2.8 V
Nennkapazität	Rating	2,5 Ah	2.5 Ah
Nennstromstärke	Rated amperage	- 20 µA	- 20 µA
Betriebsdauer	Operating period	≥ 10 Jahre	≥ 10 years
Betriebstemperatur	Operating temperature	36-42 °C	36-42 °C
Selbstentladung	Self-discharge	≤ 6 0/0 in 10 Jahren	≤ 6 0/0 in ten years



Bild 12: Die gleiche Spannung wie zur Produktionszeit (wahrscheinlich) 11.04.1987

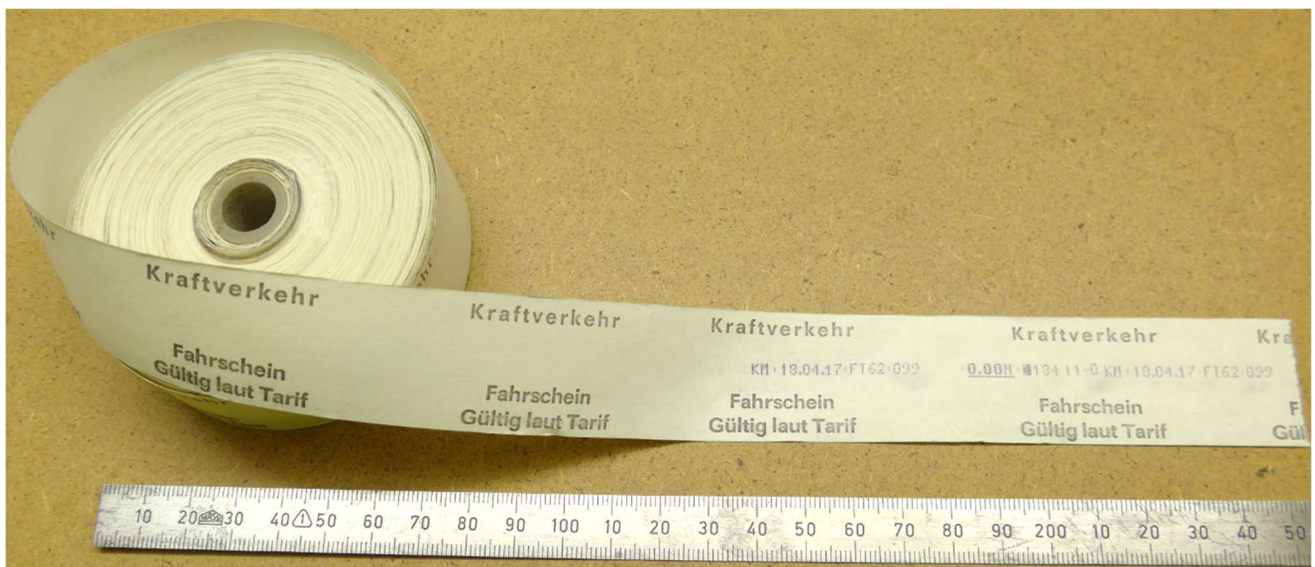


Bild 13: Druck auf der originalen, oben und unten vorgedruckten, Fahrscheinrolle, ab Teil km wird schon für den neuen Fahrschein vorgedruckt

Bemerkenswert war ferner: die notwendigen 30A pro Nadel (im ms-Bereich) kommen aus Elektrolytkondensatoren 1 x 1.000uF/40V und 2 x 470uF/40V, die Restkapazität ist noch ausreichend, um das zu gewährleisten.

Wiederherstellen der Funktionsfähigkeit von Gerät 2:

Fehlerbild Gerät 2: Anzeige leuchtet nur kurz, geht aus und beginnt von vorn, ferner pfeift das Netzteil. Der Drucker druckt nur ganz kurz und keinen vollständigen Fahrschein.

Maßnahmen:

Hier waren die Fehlerursachen etwas komplexer als bei Gerät 1. Der Hauptfehler lag im Gleichspannungswandler (GSW), der aus 24V DC Bordspannung 5V DC, 12V DC und 30V DC herstellt.

Auswechseln der Elkos im GSW führte zu keiner Änderung des Verhaltens.

Der Fehler lag in der 30V Versorgung, die dem 24V Netzteil zu viel Strom entzieht, so dass die 24V DC kurzzeitig zusammenbrechen. Dadurch brechen auch die 5V DC zusammen, die den Mikroprozessor versorgen. Danach begann das von vorn.

Der Schaltkreis B260 regelte das Tastverhältnis nicht mehr und wurde durch einen heute erhältlichen TDA1060 ersetzt (Controller für Schaltnetzteile)

Die 30V wurden nun ordentlich erzeugt.

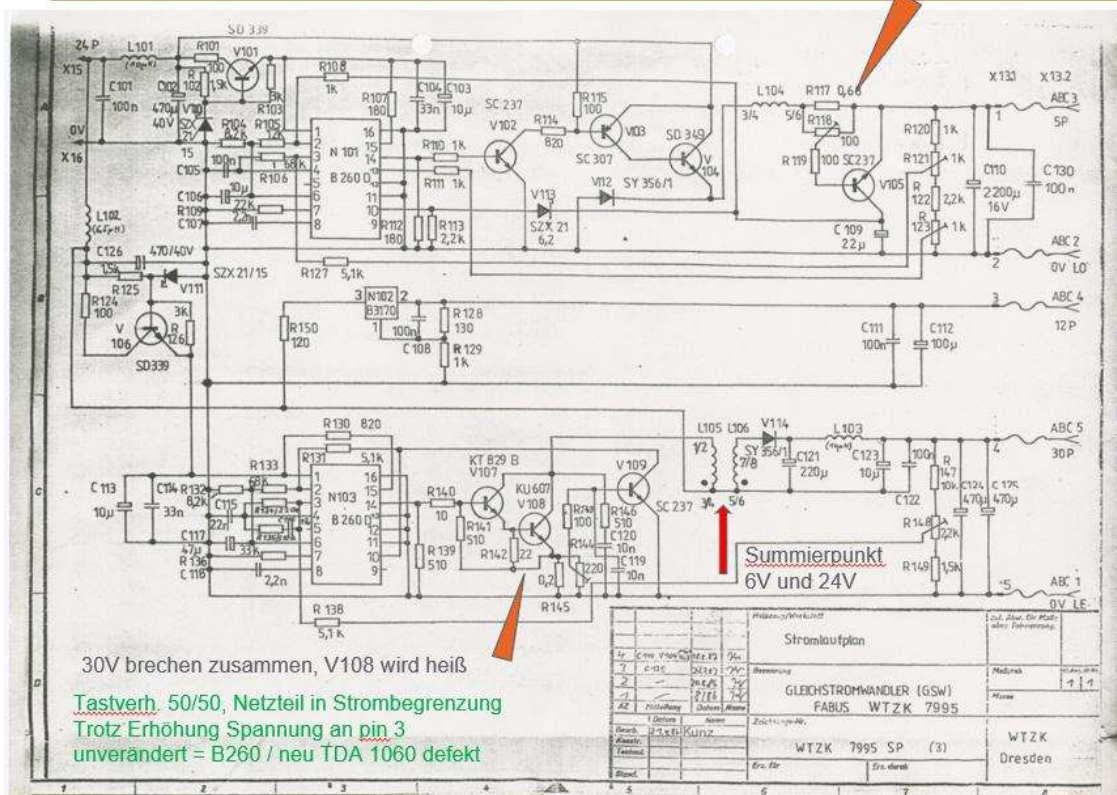
Jetzt wurde das Thema Pfeifen der 5V DC Stromversorgung im L104 angegangen.

Ein Neuwickeln brachte keine Lösung, ebenso das Auswechseln des B260D.

Dadurch hatte der B260D die Leistungsstufe mit maximal eingestellten Tastverhältnis R104/R105) angesteuert, was zu einer überhöhten Spannung auf der 5P Schiene führte. Dank der Überspannungsbegrenzung (Rückführung R122/R123 auf N101:Pin13) wurde dann der B260D gestoppt und lief wieder frisch an. Es gab also eine Art pulsierenden Betrieb, den L104 mit dem pfeifenden Geräusch (oder eher ein hohes, kratzendes Zirpen) quittierte. Da hatte aber eher der Kern geschwungen als die Spule, denn die wurde nach dem neu Wickeln richtig vergossen. D.h. die gemessenen 5,1V auf der 5P Leitung waren nur der Mittelwert, weil das Multimeter integriert. In Wirklichkeit war da ein Gewackel zwischen 4,9V und 5,6V drauf. Ursache muss eine kalte Lötstelle gewesen sein, denn final wurden keine weiteren Bauteile gewechselt, nur an einigen Stellen gelötet. Am Ende wurden die 5V sauber und ohne Störgeräusche erzeugt.

- Eingangsspannung 24V Spannung Bordspannung Bus
- Ausgangsspannungen: 5V, 12V, 30V L104 pfeift unter Last, 5,1V vor

L104 pfeift unter Last, 5,1V vorhanden, lt. V-Meter,
L104 Neu gewickelt und neuer B260, keine Änderung



Osci: 5,1V keine Gleichspannung,

Gewackel 4,9 und 5,6V

Regelung an pin 3
funktionierte nicht

Rettung durch Über-Spannungsbegrenzung pin 13

Lösung: kalte Lötstelle,
nichts defekt

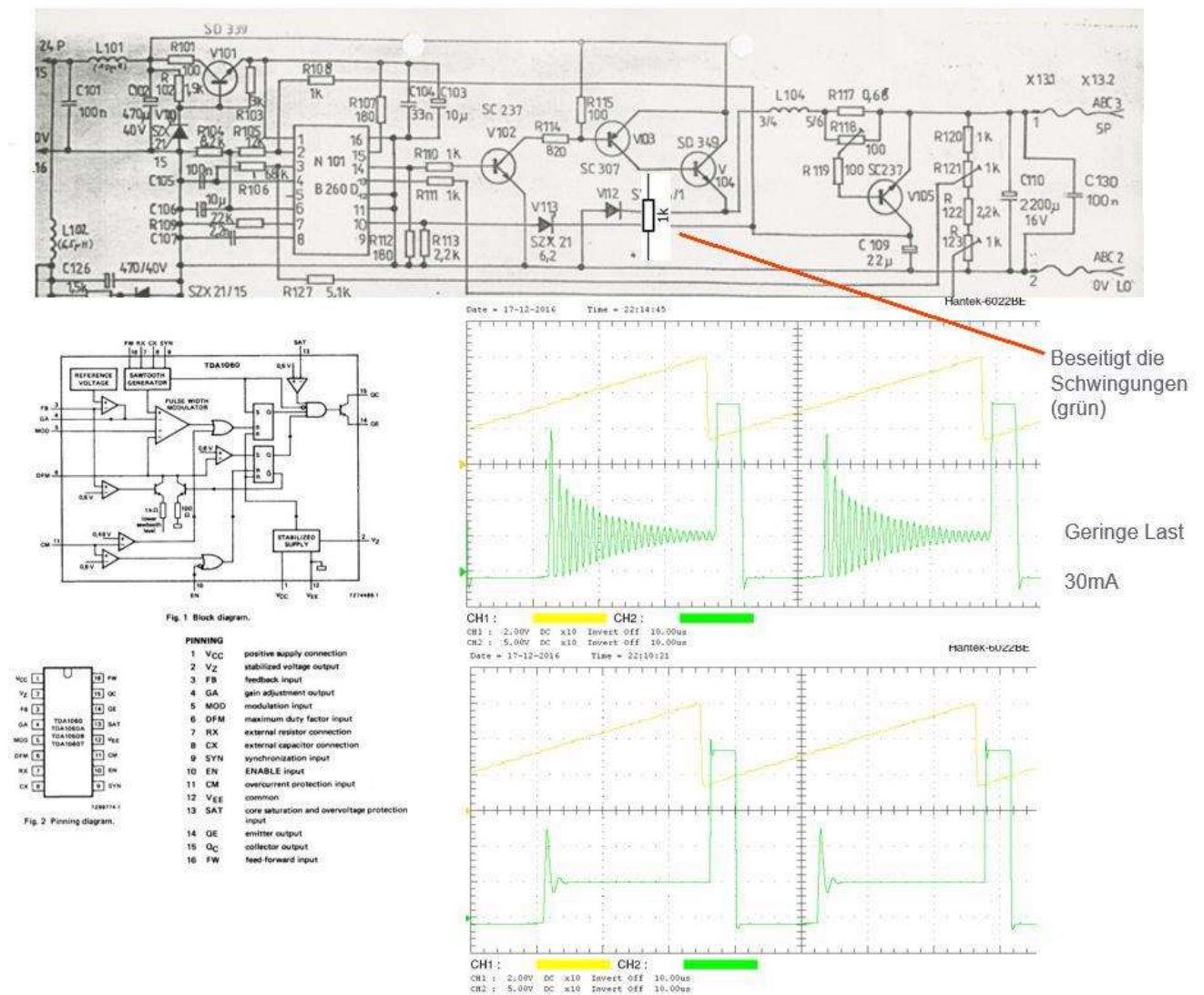
Bild 14: Fehlersuche am Gleichspannungsnetzteil

Auch bei Gerät2 war Grünspan an der Hauptsicherung F2 der zentralen Leiterplatte zu finden, ebenso das Farbband zu wechseln und die Nadeln des Druckkopfes leichtgängig zu machen.

Für Schaltplan- und Controllerspezialisten sei noch angefügt:

Auf Grund der Untersuchungen und Auswertungen der Messkurven, wie im Bild 15 dargestellt sowie der Datenblätter von Prozessor und Speicher wurden noch einige Unsauberkeiten der damaligen Entwicklung festgestellt.

So schwingt bei geringer Last (ca. 30mA), was im zusammengeschaltetem Zustand der Baugruppen nicht vorkommt (ca. 500mA) der Transistor V104. Beseitigt wird das Schwingen durch einen Widerstand 1kOhm an der Basis von V104.



Weiterhin wurde eine kleine Unsauberkeit beim **Zugriff auf den RAM** festgestellt:
Das /WR-Signal für den RAM (Pin 10) wird durch Invertierung des /RD-Signals der CPU generiert. /RD ist im Gegensatz zu /WR simultan zum /MREQ aktiv.
Das RAM-Pin 10 wird also permanent auf Low gelassen so dass jedes /CS (Pin 8) eine Schreiboperation am RAM bewirkt, es sei denn, die CPU macht /RD aktiv (Leseoperation).
Ist dadurch nicht sauber, da durch unterschiedliche Laufzeiten von /RD durch das/die V4011D-Gatter (CMOS, langsam, Gatterlaufzeit max. 150ns bei UDD=5V) und der Erzeugung des /CS-Signals im DS8205D (Schottky-TTL, sehr schnell, Signaldurchlaufzeit max. 18ns + 2* Gatterlaufzeit V4011D) am Ende der Leseoperation durchaus /WR (Pin 10) schon wieder für einige ns aktiv sein könnte, wenn /CS noch anliegt.

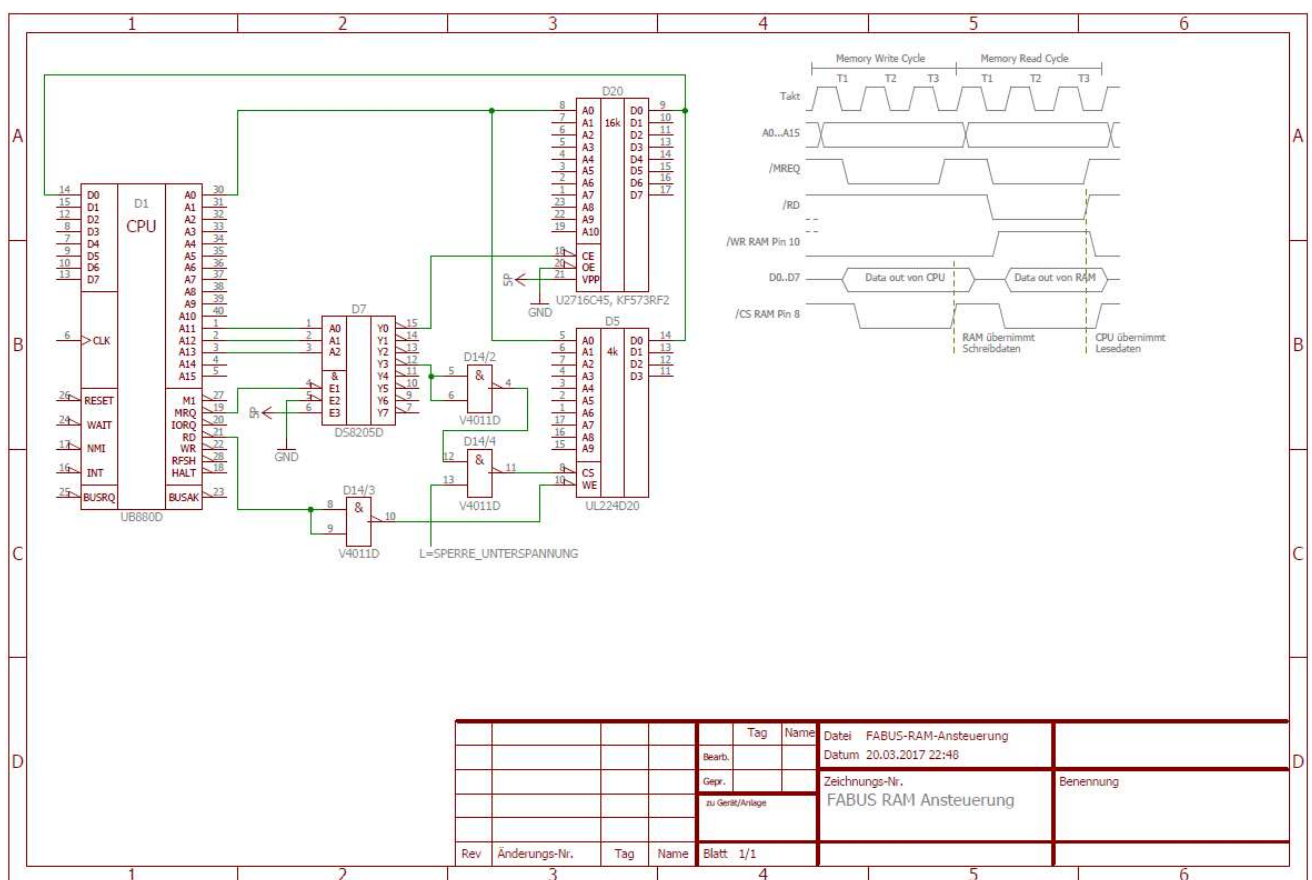


Bild 16: Erklärung zur RAM-Ansteuerung

Gleiches trifft auf die Ansteuerung der EPROMs zu. Auch hier könnte es Probleme beim Einsatz von langsamen Typen geben. Aus dem Inbetriebnahmeprotokoll von Ralf Nerlich:

Im M1-Zyklus (1. Maschinenzyklus, Opcode Fetch) jedes Befehls wird zwar aus dem Programmspeicher gelesen, aber das Timing unterscheidet sich von einem normalen Memory-Read-Cycle beim Lesen von Daten.

Ein normales Memory-Read hat drei Taktzyklen zur Verfügung. Beim M1-Zyklus erfolgt das Speicher Lesen aber innerhalb von zwei Takten (T1, T2), die Takte T3 und T4 sind für den Refresh dynamischer RAMs.

Dieses engere Timing hat zur Folge, dass Speicher mit 450ns Zugriffszeit unter worst-case Bedingungen zu langsam sind und einen zusätzlichen WAIT-Zyklus zwischen T1 und T2 brauchen würden, der im Gerät nicht vorgesehen war.

Im FABUS 1 ist der U2716C45 als EPROM eingesetzt, der eine tCE (/CE to Output Delay) von 450ns hat. Was tatsächlich auf den Leiterplatten steckt, wäre zu klären. Die russischen K573RF2 haben jedenfalls 450ns Zugriffszeit.

Eine Rückmeldung aus der Praxis, dass es Probleme mit den Daten gegeben habe, hat uns Entwickler allerdings nie erreicht.

Stellungnahme von Ralf Nerlich und Andreas Kretschmer zum ersten Einschalten sowie zu den gewonnenen Erkenntnissen bei der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit:

Eigentlich war unsere Aktion „erstes Einschalten“ sehr gefährlich.

Wenn man so alte Geräte nach fast 30 Jahren wieder in Betrieb nimmt, niemals einfach einschalten. Erst die Spannungsversorgung ohne die wertvolle (und oft nicht mehr ersetzbare) Elektronik separat überprüfen und ggf. reparieren.

Nicht auszudenken, wenn bei unserem kühnen Vorgehen die 24V DC Spannung über die Controller-Baugruppe gesaust wäre.

Am Besten man fährt die Versorgungsspannung langsam hoch und beobachtet dabei den Strom.

Ältere Hardware hat viele Schwachstellen: die Wärmeleitpaste trocknet aus, kalte Lötstellen bilden sich, Bleifreie Lote neigen zur Whiskerbildung, Grünspan entwickelt sich, Bauelemente und Leiterzüge verschmutzen, Übergangswiderstände vergrößern sich, Alterung der Elektrolyte-Kondensatoren verursacht Kapazitätsverlust, Nachlassen der Isolationswiderstände und manches andere mehr.

Allerdings konnten auch **sehr positive Eindrücke** gewonnen werden:

- Nach fast 30 Jahren war der Dateninhalt des RAM noch vorhanden
- Die Kapazität der Elkos war noch ausreichend um 30 A im Millisekundenbereich für die einzelnen Nadeln des Druckwerkes zur Verfügung zu stellen
- Rechner und das gesamte Gerät laufen noch wie früher
- Auch der Treibriemen vom Schrittmotor zum Papierantrieb funktionierte noch



Bild 17: Der mobile Fahrscheindrucker FABUS 1 im Praxiseinsatz, Verkehrskombinat Gera, ca. 1987/1988

Autoren: Dr.-Ing. Andreas Kretschmer, Dresden und Dipl.-Ing. Ralf Nerlich, Weimar

Informationen über 0172 75 323 94

Bild 18: Logo aus DDR-Zeiten

