

Vortrag Reparatur und Wartung (Harro Walsh)

I. Theorie

A) Alterungsprozesse allgemein:

- Oxydation,

Die Oxydation ist eines der bekanntesten (weil am weitesten verbreiteten) Alterungsprozesse (man denkt dabei in den meisten Fällen zunächst an Rost – also der Oxydation von Eisen) – dabei ist Oxydation in manchen Fällen sogar eine Schutzmaßnahme (z.B. bei Aluminium die Behandlung der Oberfläche zur Umwandlung in Aluminiumoxid).

- chemische Prozesse,

Genau genommen haben wir es aber bei der Alterung von Werkstoffen im Bereich des Retrocomputing mit verschiedenen chemischen Prozessen zu tun: Kupfer z.B. bei Leiterbahnen wird in den seltensten Fällen tatsächlich durch Oxydation geschädigt – weitaus häufiger hingegen ereignen sich Schäden **durch Säuren** (z.B. durch die Kohlensäure in Cola oder die Säuren im Kaffee, seltener durch Prozesse in denen Kupfer aus der Umgebungsluft andere Säuren z.B. aus **Schwefelwasserstoff -> Schwefelige Säure** entzieht und dabei sich das bekannte Kupferacetat (eine grünliche raue Oberfläche) bildet. Ähnliche Probleme entstehen ja bekannterweise auch beim Auslaufen der **Schwefelsäure** aus Batterien. Entscheidend dabei ist in jedem Fall für uns Anwender, dass durch die Veränderung an der Oberfläche die Kontaktflächen ihre Fähigkeit zur Leitung von Elektrizität verändern, mindern oder gänzlich verlieren. Bei ätzenden Vorgängen können z.B. Leiterbahnen vollständig vom Trägermaterial (also den Pertinax- oder Epoxyplatinen) weggeätzt werden. Besonders tückisch wird das Ganze, wenn solche Prozesse im nicht sichtbaren Bereich (also z.B. unterhalb von IC's oder Sockeln) stattfinden.

In solchen Fällen können diese Fehler oft nur durch sorgfältige Messungen in Form einer Durchgangsprüfung (also ohm'sche Messung) aufgespürt werden. Schließlich sollte man auch nicht vergessen, dass **die schlichte Bildung von Belägen** ebenfalls eine verheerende Wirkung entfalten können – hier sei **besonders auf Nikotinbeläge hingewiesen**. Es wird gerne von Rauchern vergessen, wie üppig sich Nikotinbeläge auf die Umgebung niederschlagen (bis z.B. ein Zimmer neu geweißelt werden soll und Bilder von der Wand abgehängt werden... und deren Umrisse deutlich sich von der Umgebung abheben).... – solche Beläge können z.B. die Leistung eines Schreiblesekopfes in einem Diskettenlaufwerk durchaus beeinträchtigen.

In jedem Fall fallen die Reparaturen in solchen Fällen häufig aufwendiger aus – es muss entschieden werden, ob z.B. eine Leiterbahn „nachgefädelt“ werden muss, oder ob es möglich ist, die Beläge mit anderen Mitteln zu entfernen. Ich gehe nachher im praktischen Bereich genauer auf dieses Thema ein, da hier häufig Fehler begangen werden, die weitaus schlimmere Schäden verursachen – als vorher vorhanden waren.

- Feuchtigkeit,

Obwohl eine **feuchte Umgebung** für sich alleine genommen schon ein Problem für ältere Elektronik darstellen kann, so verschlimmert sich dieser Einfluss dramatisch, wenn die Feuchtigkeit in der Nähe von Küstengebieten auftritt. In solchen Fällen kommt noch zusätzlich **der höhere Salzgehalt** der Luft hinzu – und jedem der schon mal in Küstennähe gewohnt hat oder in den Bergen kann ein Lied davon singen, wie massiver Stahl von Autos unter diesem Einfluss (also Salzlufte oder Streusalz) „dahinsiecht“ und korodiert.....

Was aber in den meisten Fällen gerne vergessen wird, ist dass auch Lötzinn über längere Zeit unter dem Einfluss von Feuchtigkeit seine Eigenschaften verändert – bis hin zum völligen Zerfall. Man spricht in solchen Fall von „**Bleifraß**“. Lötzinn setzt sich bekanntermaßen überwiegend aus Blei und Zinn sowie einem geringeren Anteil aus Silber zusammen. Alle diese Metalle unterliegen

Oxydationsprozessen – **auch das Silber** (man denke dabei an das Anlaufen von Silber mit einem dunklen Belag von Silberoxid). Das Problem mit dem Silber stört häufig dort, wo statt einer Vergoldung aus Kostengründen eine Versilberung der Oberfläche stattgefunden hat und die Kontaktflächen ihre elektrische Leitfähigkeit verloren haben.

- Temperaturschwankungen oder hohe Temperaturen

Auch die Temperatur kann durchaus zu massiven Schäden führen. Da wären z.B. die Schäden in Transformatoren und Spulen. Diese werden regelmäßig aus **beschichtetem Kupferlackdraht** gewickelt und **dieser Lack hat die unangenehme Eigenschaft bei höheren Temperaturen „schmelzen“** zu können – also in einen zähen fließenden Zustand übergehen zu können. Dies kann innerhalb von Transformatoren oder Spulenwickelungen im schlimmsten Falle zu Kurzschlüssen, in weniger schlimmen Fällen aber mindestens zur Veränderung von elektrischen Eigenschaften führen. Wenn in Spulen oder Transformatoren durch interne Kurzschlüsse eine geringere Anzahl von isolierten Wicklungen besteht, so verändern sich die elektrischen Werte oft entscheidend – eine Spule filtert dann nicht mehr exakt die berechnete Frequenz oder eine Sekundärwicklung gibt nicht mehr die berechnete Spannung ab. Derartige Fehler können in den seltensten Fällen mit einem einfachen Multimeter festgestellt werden, **da diese oft im Milliohm Bereich liegen** – und nur teure Geräte in diesem Bereich hinreichende Auflösung besitzen. Allerdings kann man jene Geräte, die derartige Messungen erlauben oft genug daran erkennen, dass diese auch über zusätzliche Meßbereiche für Induktivität also **µH** oder **mH** verfügen.

Weiterhin ist auch leider nicht allgemein bekannt, dass höhere Temperaturen **sogar in IC's erhebliche Schäden verursachen können**. Auch wenn eine Temperatur nicht ausreicht, um ein „abfackeln“ auszulösen, so können im Gehäuse **Mikrorisse** entstehen und selbst innerhalb von noch hermetisch abgeschlossenen Gehäusen können sich Oxydationsprozesse ereignen, bei denen das Kernsubstrat (also das Silizium) sich verändert. Es ist zwar (spätestens seit der Einführung von Pentium- und Athlonprozessoren) bekannt, dass Prozessoren unter der Einwirkung höherer Betriebstemperaturen schneller „altern“ und schneller „sterben“ – es handelt sich hierbei um Prozesse, bei denen unter dem Einfluss der höheren Temperatur **jene Teile aus Siliziumoxid Sauerstoff abgeben und andere Teile des Chips jene freiwerdenden Sauerstoffatome dann wieder an sich binden und an unerwünschten Stellen dann Siliziumoxid entsteht**. Dies hat zur Folge, dass jene Teile die sich zu Silizium umwandeln plötzlich leitend werden und Stellen des Chips, die vorher leitend waren (also aus Silizium bestanden) durch Umwandlung zu Siliziumoxid plötzlich nicht mehr leitend sind. Dies verändert entscheidend die internen Eigenschaften der Chips - bis hin zur völligen Fehlfunktion.

B) stärker betroffene Bauelemente:

- Elektrolytkondensatoren

In den letzten Jahren hat sich abgezeichnet, dass unter der Summe der verwendeten Bauelemente im Retrocomputingbereich die Elektrolytkondensatoren sich am häufigsten als Fehlerquelle herausstellen. Der Grund hierfür liegt in der Fertigung und den beteiligten Materialien. In den Elektrolytkondensatoren, welche in den 70er und 80er Jahren gefertigt wurden, wurde praktisch nur **Borsäure als Elektrolyt** (also als Schicht zwischen den beiden kapazitiven Folien) verwendet. Diese Säure hat die unangenehme Eigenschaft, dass sie sich im Laufe von Jahrzehnten – besonders wenn auch noch höhere Temperaturen auftreten – **durch den umgebenden Metallbecher hindurch ätzen (oder „fressen“) können und dann aus dem Becher auslaufen können**.

Wenn solche Kondensatoren ausgelaufen sind finden gleichzeitig zwei Probleme auf: Erstens bilden sich zwischen den Folien Kurzschlüsse welche zu schweren Fehlern in der Schaltung führen können und zweitens hat die ausgelaufene Borsäure noch zusätzlich die verheerende Eigenschaft Kupferleiterbahnen wegzuätzen. Dabei sollte man bei entsprechenden Reparaturen bitte beachten, dass es sich bei Borsäure um eine ziemlich aggressive Substanz handelt. **Sich unter Einwirkung von Hitze (beim Auslöten) bildende Dämpfe sind gesundheitsschädlich**, Reparaturen sollten also nur in gut durchlüfteten Räumen vorgenommen werden.

Ausserdem sollten nach einem Kontakt mit Borsäure die Hände gut gewaschen werden ! Etwaiger Kontakt mit den Augen (also Reiben, weil die Dämpfe die Augen reizen) muß unbedingt vermieden werden ! Es ist also dringend angeraten vor dem Entlöten etwaige Borsäurerückstände mit Seifenlauge oder Wasser mit Spülmittel zu neutralisieren und zu entfernen, bevor man mit dem LötKolben an die Reparaturstelle geht. Beim Austausch solcher Elektrolytkondensatoren ist selbstverständlich darauf zu achten, dass als Ersatz Kondensatoren mit gleichen Werten verwendet werden sollten und Abweichungen nur in engen Grenzen und unter Berücksichtigung der Schaltungsfunktion zulässig sind – im Regelfall ist zwar der Austausch gegen stärkere also größerer Werte zulässig – dies gilt aber nur bedingt.

Und es ist selbstverständlich, dass beim Austausch unbedingt die korrekte Ausrichtung der Polarität beachtet werden muss, weil sonst Elektrolytkondensatoren buchstäblich wie Knallerbsen explodieren können und in der gesamten Umgebung fein verteilt Borsäure verspritzen, was wieder aufwendige Reinigungsarbeiten zur Folge hat.

- IC´s

Wie bereits vorher schon erläutert wurde, haben höhere Temperaturen einen schlechten Einfluss auf IC´s. Um hier einmal Richtwerte zu nennen: Temperaturen bis etwa 45 Grad Celsius sind relativ unproblematisch. **Ab etwa 55 Grad Celsius bis hin zu etwa knapp 70 Grad Celsius fangen die bedenklichen Temperaturbereiche an in denen IC´s vorzeitig „altern“ abhängig von der Komplexität und dem internen Aufbau der IC´s** – wobei gilt: je komplexer die Funktion desto gefährlicher ist der Einfluss der Temperatur und desto höher die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls.

Es kann also durchaus sinnvoll sein bei einem Austausch sich gleichzeitig **Gedanken über etwaige Kühlmaßnahmen zu machen** (durch nachträglichen Einbau eines Lüfters, um einem Hitzestau zu begegnen oder etwaiges nachträgliches Anbringen eines passenden Kühlkörpers (es gibt für IC´s eine ganze Sammlung von verschiedenen Variationen)).

Dabei sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass den Angaben der Hersteller in den Datenblättern eine gesunde Skepsis angebracht ist: **Die dort gemachten Angaben beziehen sich auf Maximaltemperaturen also Temperaturen in denen für eine bestimmte Zeit** (wobei eher hier nur eine kurze Zeit gemeint ist) **ein sicherer Betrieb möglich ist.** Keiner der Hersteller hat je seine Produkte einem längeren (also z.B. einem 6-monatigen) Einsatz tatsächlich unterzogen – vielmehr wurden oft nur Messungen bis zum Ausfall vorgenommen und dann ein „Sicherheitsabschlag“ abgezogen.

Wenn überhaupt, so wurden derartige teure Dauermessungen eigentlich nur bei IC´s in sogenannter MIL-Ausführung (also für militärische Nutzung) durchgeführt. Es sei deshalb am Rande angemerkt, dass in Fällen in denen die „Betriebstemperatur“ eines Systems höher liegt, es sich durchaus lohnt darüber nachzudenken, dass man als Ersatz für ausgefallene IC´s aus der 74´er Reihe oft auch Typen aus der MIL-Reihe (also der 54´er Reihe) gibt, die in einer solchen Umgebung eher und länger bestehen können.

- Sockel und Verbindungen

Bei Sockeln werden wir Anwender gelegentlich bei älteren Geräten mit zwei Problemen konfrontiert: am häufigsten ist das Problem der Oxydation, also der sich verschlechternden Leitfähigkeit der Kontakte. Im Gegensatz zu den Anschlüssen am IC sind die Klammern bei den Sockeln meist schlecht erreichbar, können also oft nicht direkt gereinigt werden. Allerdings kann eine mechanische Belastung (durch mehrfaches Ziehen und Einsetzen von IC´s) relativ oft das Problem beseitigen, da die mechanische Beanspruchung zum Abrieb der Oxydationsschicht im Kontaktbereich führt.

Manche Sockel sind so gefertigt, dass man den Kunststoffrahmen anheben und entfernen kann und dann doch die Kontakte direkt reinigen kann. Das zweite Problem – **gerade bei billigeren Sockeln ist die nachlassende Federspannung der Klammern innerhalb der Sockels.** Dies kann dazu führen, dass der Kontakt entweder nicht mehr zuverlässig oder gar nicht mehr erfolgt. Je nach Bauart des Sockels kann man in manchen Fällen die Kontaktfedern wieder durch leichtes Aufbiegen unter Spannung bringen und damit wieder einen sicheren Kontakt herstellen.

Bei Sockeln in denen der Zugang zu den Kontaktfedern nicht mehr möglich ist, hilft dann nur ein Austausch des Sockels. Dass hierbei mit entsprechender Sorgfalt vorgegangen werden muss ist selbstverständlich. Sonst drohen weitere Schäden an der Platine selbst, in dem z.B. **Durchkontaktierungshülsen** gelockert werden und ihren Kontakt verlieren oder Leiterbahnösen beschädigt werden.

Im Prinzip sind die vorkommenden Probleme mit Steckverbindungen und Kontaktleisten/ Messerleisten gleich gelagert und die Lösungsansätze für die Probleme gleichen denen bei Sockeln.

- Kohleschicht

Kohleschichten werden als teilleitendes Material in den verschiedensten Formen von Widerständen verwendet – sowohl bei Festwiderständen als auch bei veränderlichen Widerständen wie Trimmern und Potentiometern. Im normalen Temperaturbereich ist das Material relativ unproblematisch. Im „normalen“ Temperaturbereich kommt es daher höchstens bei veränderlichen Widerständen zu Problemen **durch Abrieb oder durch fehlende Federspannung beim Abgriffschleifer**. Wenn diese veränderlichen Widerstände über eine „offene“ Bauform verfügen – also die Kontaktfläche offen sichtbar ist, dann kann als weiteres Problem **noch Ablagerungen durch Nikotin hinzukommen**.

Beim Austausch ist aber unbedingt die Belastungsfähigkeit der Bauelemente (angegeben in Watt) zu beachten. Da Widerstände dem durchlaufenden Strom Widerstand entgegen setzen und dann Spannung in Wärme umgesetzt wird, muss der Widerstand auch entsprechend ausgelegt sein, um diese Umsetzung in Wärme auch zu verkraften, ohne dabei zu verbrennen / „abzufackeln“. Man darf also beim Austausch eines Widerstands prinzipiell immer nur einen Widerstand mit gleichem Wert aber **mit höherer Verlustleistung** verwenden – also z.B. einen Widerstand mit 27kOhm und 0,5 Watt durch einen Widerstand mit 27kOhm, aber statt dessen mit 1 Watt Verlustleistung ersetzen. Verwendet man statt dessen einen 27 kOhm Widerstand mit nur 0,25 Watt oder 0,3 Watt, so riskiert man unter Umständen das „Abfackeln“ oder den baldigen erneuten Ausfall des Widerstandes.

Anders hingegen gestalten sich die Probleme mit Kohleschicht bei höheren Temperaturen. Bei höheren Temperaturen können z.B. an Widerständen Microrisse entstehen und dann kann Sauerstoff in geringen Mengen in einen Widerstand hinein gelangen. Kommen stark erhöhte Temperaturen durch hohe Verlustwiderstände hinzu, **so können Widerstände langsam vor sich hin schwelen und langsam „abfackeln“ ohne dass sich dies aussen unbedingt abzeichnen muss**.

Ein Widerstand der schnell „abfackelt“ ist problemlos an der auffälligen Schwärzung erkenntlich, aber bei langsamen schwelenden „abfackeln“ ist - wenn überhaupt, von aussen eventuell nur eine **leichte bräunliche oder ockerfarbene Verfärbung wahrnehmbar**. Allerdings offenbart sich die Fehlfunktion sehr schnell bei einer Messung mit einem Multimeter, da der Widerstand nicht mehr den spezifizierten Wert (der aussen an den Farbringecode erkennbar ist) aufweist oder der sogar unter Umständen gar keine Leitfähigkeit mehr aufweist, also eine Unterbrechung darstellt.

- Bleifraß in Lötstellen

Das Problem des Bleifraßes wurde bereits schon vorhin unter dem Stichwort der Oxydation behandelt. Alle Bestandteile des Lötzinns unterliegen mehr oder weniger diesem Problem. In einigen Fällen hilft dann nachlöten unter erneuter Zugabe von weiterem Lötzinn... die bessere Option ist allerdings dann dass alte Lot erst zu entfernen und dann erneut mit frischem Lötzinn die Verbindung erneut herzustellen. Hat man eine Platin vor sich, bei der einige Stellen schon durch Bleifraß beschädigt ist (erkennbar daran, dass das Lötzinn matt und porös also „bröselig“ ist) so kann man davon ausgehen, dass die restlichen Lötverbindungsstellen demnächst ebenfalls das gleiche Problem aufweisen – und deshalb empfiehlt es sich dann nicht nur die betroffenen erkennbaren Stellen zu reparieren, sondern statt dessen gleich alle Lötunkte auf der Platinen zu restaurieren.

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass von diesem Problem überwiegend zur Zeit noch Platinen aus der Fertigung vor 1990 betroffen sind und dort damals noch das Lötzinn in der alten Zusammensetzung verwendet wurde (welches einen höheren Bleianteil hatte). Allerdings ändert auch das inzwischen geänderte Lötzinn nach RoHS nicht grundsätzlich das Problem – zwar wurde der Bleianteil gesenkt und statt dessen der Zinn und Silberanteil erhöht, aber auch diese Materialien unterliegen weiterhin dem Problem der Oxydation. Das Problem verschleppt sich dadurch nur um einige Jahre und die Verbindungen werden jetzt nicht mehr nach 20 bis 30 Jahren zerstört, statt dessen tritt das Problem wahrscheinlich jetzt erst nach 40 Jahren auf.....

- kalte Lötstellen durch mechanische Vibration oder Temperatur

Das Problem mit kalten Lötstellen ist allgemein bekannt, wenn man selbst direkt lötet. Beim Löten selbst entsteht das Problem, wenn man nicht genügend Hitze der Lötstelle zuführt und dann das Lötzinn nicht genügend Zeit hat ordentlich zum Fließen zu kommen und ordentliche Verbindungen herzustellen. Das Problem kann aber auch im Nachhinein bei ehemals ordentlichen Lötstellen entstehen. **Häufig taucht das Problem im nachhinein auf, wenn Bauelemente mit höherem Gewicht** (z.B. Spulen mit Ferritkern oder Halbleiter mit Kühlkörpern) **die Lötstelle belasten.**

Kommen dann noch **Vibrationen** hinzu (durch Transport) so können Lötstellen „brechen“ und sich in kalte Lötstellen verwandeln. Das gleiche passiert, wenn Bleifraß das Lötmaterial porös werden lässt. Das Material wird brüchig und kann dann bereits schon unter geringen mechanischen Vibrationen zu kalten Lötstellen mutieren.

Auch niedrige Temperaturen bei der Lagerung kann zu entsprechenden Brüchen führen – und diese können als Microrisse so klein ausfallen, dass diese mit bloßem Auge kaum zu erkennen sind. **Am tückischsten an Microrissen ist aber, dass diese oft nur gelegentliche Ausfälle produzieren** – also weitgehend Kontakt vorhanden ist aber bei bestimmten Temperaturen zum Ausfall führen (was durch Kältespray aufgespürt werden kann).

- Gummi und Antriebsriemen

Obwohl das Problem in alten Computersystemen selbst kaum auftritt, so begegnet der Anwender in den peripheren Geräten – vor allem in älteren Diskettenlaufwerken immer wieder diesem Problem. Abhängig vom Hersteller kommen in älteren Diskettenlaufwerken und in Cassettenrecordern **dem Problem mit brüchigen oder ausgeleierte Antriebsriemen.** Um die Geschmeidigkeit von Antriebsriemen zu gewährleisten empfiehlt es sich diese mit Glyzerin einzureiben und danach an der Oberfläche zu reinigen.

Beim Austausch solcher Riemen sollte man unbedingt auf das korrekte Material achten. Es genügt nicht einen Antriebsriemen mit einem im Haushalt üblichen der Größe nach passenden Gummiring zu ersetzen. Die Suche nach passenden Antriebsriemen im Internet gestaltet sich allerdings meist ziemlich Zeitaufwändig. Allerdings kann man oft bei Werkstätten für Tonbandgeräte häufig fündig werden und passende Antriebsriemen für Diskettenlaufwerke auftreiben.

<http://www.gummimeyer.de/>

<http://www.die-radiowerkstatt.de/antriebsriemen.htm>

weniger stark betroffene Bauelemente

Auch wenn manche Bauelemente scheinbar keinen Alterungsprozessen unterworfen sind, so trifft die beileibe nicht wirklich zu. Transformatoren z.B. oder Spulen – besonders wenn diese auf einem metallischen Kern gewickelt sind, können **mit der Zeit einer dauerhaften Magnetisierung unterliegen** und damit in ihrer Funktion gestört werden. Dies tritt z.B. in älteren Monitoren auf, bei denen dann die Bildschirmröhre demagnetisiert werden muss, um Darstellungs- (durch Verzerrung), Fokussierungs- oder Farbfehler zu beheben. Bei Spulen können sich die Werte so verändern, dass die Filterwirkung nicht mehr im berechneten Bereich stattfindet.

- MKT, MKS Kondensatoren, keramische Scheibenkondensatoren

Am seltensten findet man Alterungsschäden bei vergossenen Folienkondensatoren und keramischen Kondensatoren – zumindest solange diese Bauelemente nicht extremer Hitze ausgesetzt werden.

- Metallschichtwiderstände

Dieselbe Aussage trifft auch für Metallschichtwiderstände zu. Allerdings wurden derartige langlebige Bauelemente nur sehr selten in Massenartikeln verbaut, da diese Bauelemente einen deutlich höheren Preis aufweisen. Hier befindet sich der Anwender in einem Konflikt: soll er bei der Reparatur wieder die selben Bauelemente verwenden, wie damals und damit der Originalität Rechnung tragen, oder soll er statt dessen die höherwertigen und damit langlebigeren Bauelemente verwenden und dabei die Originalität aufs Spiel setzen? Hier muss der Anwender seine Prioritäten wägen und seine Entscheidung treffen. **Präferiert er die Originalität so wird er die fehlerträglicheren Originalteile suchen** – wohingegen, wenn er auf Funktionalität setzt und die Originalität vernachlässigen kann, dann wird er die längerlebigen und höherwertigeren Bauelemente beim Austausch einsetzen.

C) Obsoleszenz (was ist Obsoleszenz ?)

Obwohl Obsoleszenz ein Thema ist, über das man einen eigenständigen Vortrag halten könnte, will ich mich hier auf die konkreten Auswirkungen bei der Reparatur von Retrosystemen beschränken. **Es gibt dem Kern nach zwei verschiedene Formen von Obsoleszenz: die geplante technische Obsoleszenz, bei dem vereinfacht dargestellt die Lebensdauer eines Gerätes verkürzt wird oder zumindest billigend in Kauf genommen wird ein fehlerträchtigeres Gerät zu fertigen, und die „modische“ Obsoleszenz bei der Geräte durch nachfolgende Modelle ersetzt werden die der Leistung nach dem noch laufenden Systemen überlegen sind** und dadurch eine „Ausmusterung des Bestandes“ herbeiführen, weil die Kunden am Markt die noch funktionsfähigen Modelle trotz der Funktion entsorgen und durch ein neueres Gerät ersetzen.

Obsoleszenz kann auch durch Einstellung von Support und Reparatur herbeigeführt werden. Dabei tritt dieses Problem bei Retrosystemen vor allem bei der Bauteilebeschaffung auf. Chips, die vor 30 Jahren gefertigt und in Computern verwendet wurden werden zum Teil schlichtweg nicht mehr gefertigt. Dies lässt sich am besten an Speicherchips demonstrieren, vor 30 Jahren waren Speicherchips von 4kB oder 8 kB noch das „non plus ultra“ der Technologie, aber mit der Verbesserung der Herstellungstechnologie wurden diese Chips durch Chips mit höherer Leistung abgelöst, die 16kB oder 64 kB abspeichern können. Dies führte dazu, dass der Bedarf an älteren Chips deutlich nachließ **und sich die Massenfertigung nicht mehr lohnte.** Nach einigen weiteren Jahren stellten dann die Firmen die Fertigung der kleineren Speicherchips ein und mit der Zeit wurden auch noch die letzten verbleibenden Chips bei Reparaturen aufgebraucht mit der Folge, dass derartige Chips heute kaum noch zu bekommen sind.

Das beste Beispiel zeigt sich an unerwarteter Stelle, bei der Raumfahrt. Man musste die Raumstation MIR schlichtweg aufgeben, weil Chips für die Reparatur der der Bordelektronik nicht mehr zu beschaffen waren.

Inzwischen hat sich **die Firma Rochester** darauf spezialisiert, von Firmen die die Chipproduktion einstellen, deren Produktionsunterlagen aufzukaufen um bei Bedarf Chips „nachzufertigen“. Allerdings stellt diese Möglichkeit für uns Anwender keine Lösung dar, da **die Kosten für eine solche „Neuaufgabe“ so hoch sind**, dass die ausserhalb jedes normalen Budgets liegt und solche Kosten nur in Sonderfällen von Firmen aufgebracht werden.

Da in der EU die staatlichen Entsorgungsvorschriften für alte Elektrogeräte so ausgestaltet und verschärft wurden, ist es in der EU kaum noch möglich an ältere Geräte zum Ausschlaten zu gelangen. Deshalb werden die Anwender regelmäßig genötigt über US-Firmen ihren Bedarf an älteren Bauteilen – meist über ebay – zu befriedigen. *Es sei mal dabei hingestellt – ob die EU-Vorschriften und deren Umsetzung wirklich das angestrebte Ziel erreichen – besonders angesichts*

des Schrottexportes nach Ghana und anderen Ländern der dritten Welt und der dort weitaus umweltschädlicheren Praktiken eines völlig unzureichenden Recycling Konzepts und der massiven Gefährdung von Kindern und Jugendlichen, die dort massiven Vergiftungen ausgesetzt sind.

- Bauteilebeschaffung

Da in den USA noch nach wie vor einige kleinere Betriebe sich darauf spezialisiert haben, alte obsolete Chips aus Baugruppen zu ziehen und sogar vollständige zum Teil funktionsfähige Platinen über ebay anzubieten, besteht hier noch die beste Chance für uns Anwender über diesen Zweig an obsolete Bauteile zu gelangen. Allerdings muss eingeräumt werden, dass Sammler teilweise die Preise für bestimmte Bauteile in exzessive Höhen treiben. Das beste Beispiel: ein weisser 6502 Prozessor im Keramikgehäuse erzielte unlängst bei einer ebay-Auktion 750 U.S. Dollar – also 577 Euro !

Darüber hinaus sollten wir auch Selbstdisziplin üben und eine defekte Platine nicht einfach entsorgen (aus Faulheit) – **sondern statt dessen sollten wir selbst solche Platinen noch sorgfältig prüfen und alle noch funktionsfähigen Chips und Bauteile auslöten und „auf Reserve“ in die Sortierboxen legen.** In die Entsorgung sollten nur jene Teile gelangen, die nachweislich wirklich defekt sind und nicht mehr wiederverwendet werden können.

- Quellen

http://stores.ebay.de/LittleDiode?_trksid=p2047675.l2563
http://stores.ebay.de/Kessler-electronic?_trksid=p2047675.l2563
http://stores.ebay.de/TECHNO-CENTER-SCHMITT-ELEKTRONIK?_trksid=p2047675.l2563
<http://stores.ebay.de/acpsurplus>
<http://www.unicornelectronics.com/index.htm>
<https://www.sh-halbleiter.de/>
<http://www.rocelec.com/>

D) Fehlersuche mit theoretischen Mitteln

Wenn wir vor einem fehlerhaften System sitzen. So sollten wir zunächst einmal vor der physischen Suche uns einige Gedanken machen anstatt blind „drauf los zu wursteln“.
Blindes Suchen und Raten kostet oft deutlich mehr Zeit und führt in den meisten Fällen nicht einmal zum Ziel – es sei denn man hat zufällig Glück – und das ist eher selten der Fall....

Man sollte zunächst einmal damit beginnen zusammenzufassen, was im System funktioniert und daraus Rückschlüsse zu ziehen welche Teile durch einen Fehler wirklich „ausser Betrieb“ gesetzt werden. Der weitere Verlauf der Fehlersuche sollte dann mit System betrieben werden.
Dies setzt allerdings voraus, dass man sich vorher schon mal mit den internen Abläufen in einem solchen System vertraut gemacht hat.

- Funktionsanalyse

Ein Computer gliedert sich zunächst einmal relativ einfach in wenige Funktionsgruppen:

- 1. Stromversorgung und –stabilisierung**
- 2. CPU und zugehöriger Taktgenerator**, der die wichtigsten Steuersignale zusammen mit der CPU steuert
- 3. Datenbus**
- 4. Adressbus**
- 5. ROM-speicher**, der die Routinen enthält, mit denen die CPU mit der peripheren Umwelt kommuniziert (abgekürzt: **BIOS** für Basic Input Output System)
- 6. RAM-speicher**, in dem später nach dem Start des Computer Programm und Programmdateien geladen werden,
- 7. einige Controllerchips** zur Kontrolle der „internen“ **Peripherie**, wie **Tastatur**, **BildschirmAusgabe**, und **externe Schnittstellen** wie **Duckeranschluss** oder **Modemanschluss**

sowie 8. in einigen Fällen noch **weitere Controllerchips**, die **Speichermedien** wie **Diskettenlaufwerke oder Festplatten** gesteuert werden bzw. bei älteren Geräten die Speicherung auf Cassettenrecorder.

Durch die Unterteilung in Funktionsgruppen erleichtert sich die nachfolgende Störungssuche. Die hierbei aufgelistete Reihenfolge gibt darüber hinaus Auskunft von Abhängigkeiten. Wenn 1. einen Fehler enthält, so kann keines der nachfolgenden Funktionsgruppen korrekt arbeiten. Wenn 1. arbeitet aber ein Fehler in 2. vorhanden ist, so können zwar korrekte Spannungen gemessen werden, aber der Computer wird trotzdem keinerlei Lebenszeichen von sich geben. Wenn dagegen 3. oder 4. mit einem Fehler behaftet ist, so wird man wenigstens einige minimale Lebenszeichen erkennen – obwohl der Computer selbst nicht startet – so wird zum Beispiel der Bildschirm wenigstens etwas chaotisches zur Anzeige bringen.

Wenn der Fehler in der fünften oder sechsten Funktionsgruppe ist, so wird man wenigstens teilweisen Start des Systems beobachten können, wenn auch der Startvorgang niemals wirklich abgeschlossen wird und es werden für das jeweilige System typische Sequenzen am Bildschirm sichtbar. Ein Fehler in der siebten Funktionsgruppe hat zur Folge, dass das System zwar startet aber anschließend nach Abschluss des Startvorgangs das System scheinbar stecken bleibt, weil es auf keinerlei Eingaben von der Tastatur (also auch nicht auf ein Reset) reagiert oder man hört zwar einen Piep am Ende des Startvorgangs hat aber keinerlei Ausgabe auf dem Bildschirm – kann aber z.B. einen Reset auslösen, der erneut nach Abschluss des Startvorgangs wieder ein Piepzeichen abgibt oder der Drucker kann nicht angesprochen werden.

Wenn dagegen der Fehler in der achten Funktionsgruppe sitzt, so wird der Computer zumindest normal starten, aber es wird weder möglich sein ein Programm vom Speichermedium zu laden noch Daten auf dem Speichermedium abzuspeichern. **Es gilt also die Faustregel: je weiter vorne in der Liste ein Fehler auftritt desto mehr Funktionsgruppen werden nicht betriebsfähig sein – wohingegen je später in der Liste die Funktionsgruppe aufgelistet ist, die einen Fehler enthält, desto weniger der übrigen Funktionsgruppen werden hierdurch beeinträchtigt.**

Wie diese Darstellung aufzeigt, kann man durchaus mit etwas nachdenken und guter Beobachtungsgabe schon an Hand der Symptome wirkungsvoll die Fehlersuche eingrenzen.

Natürlich hat der Anwender, **wenn er systematisch vorgeht, vorher schon eine optische Kontrolle des Systems vorgenommen:** Da wäre zunächst die Sichtung auf eventuell „geschossene“ Sicherungen, aufgewölbte Kappen von Elektrolytkondensatoren, verbrannte oder verfärbte Widerstände, ausgelaufene Flüssigkeiten z.B. Borsäure, das aus Elektrolytkondensatoren ausgelaufen ist oder ausgelaufene Lackreste, die aus einem Transformator oder aus einer Spule ausgelaufen ist, beschädigte Keramik Kondensatoren, beschädigte Anschlußdrähte, möglicherweise verpolt eingesteckte Kontakte oder Kabel oder gar lose Kabel, die gar nicht gesteckt wurden, und eine sorgfältige Prüfung der IC's auf etwaige Verfärbungen des Gehäuses oder etwaige Risse und vor allem, ob die Anschlüsse der IC's auch sauber im Sockel sitzen....

Einer der häufigsten Fehlerquellen sind IC's bei denen ein Anschlussbein beim Einsetzen in den Sockel nach unten unter das IC „weggeknickt“ ist und gar nicht im Sockel sitzt. Nun können aber einige nicht unbedingt auf den ersten Blick die oben genannten Funktionsgruppen gleich auf den ersten Blick erkennen. Ich werde deshalb hier kurz im nachfolgenden **verschiedene Kriterien auflisten, die es ermöglichen schnell bestimmte Gruppen zu erkennen:**

1. Stromversorgung und –stabilisierung:

Zunächst einmal daran zu erkennen dass diese Funktionsgruppe über den Stromeingang im Computer , manchmal eine Sicherung, entweder bei externem Transformator dann ein Gleichrichter erkennbar entweder als vergossener Block oder aus 4 großen Dioden bestehend, dann je nachdem ob es sich um ein Schaltnetzteil handelt oder um eine passive Spannungsregelung folgen einige große Transistoren im Metallgehäuse oder Spannungsregler manchmal auch mit Kühlkörper und einer größeren Anzahl von Elektrolytkondensatoren und / oder Drosseln (also Spulen aus Kupferdraht). **Hier ist die größte Dichte and Elektrolytkondensatoren** – im weiteren Verlauf bei nachfolgenden Baugruppen kommen derartige Kondensatoren nur noch sporadisch vor.

2. CPU und zugehöriger Taktgenerator, der die wichtigsten Steuersignale zusammen mit der CPU steuert:

In Retrosystemen ist die CPU entweder der größte Chip oder zumindest einer der größeren Chips und **der Taktgenerator besteht meistens aus einem Quarz im Metallgehäuse oft mit einem oder zwei kleineren Transistoren und einigen Widerständen und kleineren Keramikscheibenkondensatoren in der Nähe der CPU.**

3. Datenbus:

Der Datenbus besteht in älteren Retrosystemen regelmäßig aus 8 Leitungen die meist parallel nebeneinander her laufen und sie in der Nähe der CPU mit sogenannten Bustrancievern gesteuert werden: in älteren Systemen oft 8T97 oder 8T98 (14 polige chips) – in neueren Systemen meist 20 polige Chips mit der Bezeichnung 74LS244 oder 245 manchmal auch 74LS373 oder 374.

4. Adressbus:

Für den Adressenbus gilt beinahe die gleiche Aussage, wie für den Datenbus – nur dass ein Adressenbus regelmäßig aus einer Gruppe von 16 Leitungen besteht und von diesen öfters auch Abzweigungen weggehen, die zu weiteren „Decoderchips“ gehen (regelmäßig 74LS138 oder 74LS154.

5. ROM-speicher, der die Routinen enthält, mit denen die CPU mit der peripheren Umwelt kommuniziert (abgekürzt: BIOS für Basic Input Output System)

In ganz frühen Systemen wurden noch 14-pol bzw. 16-pol ROM-chips verwendet die meist direkt nebeneinander angeordnet waren – **in solchen Fällen enthielt jeder der beiden Chips nur in 4 Bit breite ein halbes Byte und erst beide Chips zusammen ergaben das ganze Byte.** Deshalb wurden diese Chips meistens als „upper Byte“ und „lower Byte“ oder als „Byte-A“ und „Byte B“ markiert. In solchen Fällen wurden diese Chips fast immer in unmittelbarer Nachbarschaft zur CPU auf der Platine platziert und stechen aus der Masse der Chips heraus, weil es sich nicht um Logikchips handelt – diese also regelmäßig **nicht** beim Label mit 74 oder ähnlich anfangen.

In späteren Systemen wurden hingegen als ROMspeicher meist entweder EPROMs (mit UV-Fenster) oder EPROM-ähnliche Chips (dann ohne UV-Fenster) verwendet. Im Regelfall waren es also Chips mit 24 oder 28 Pins ab mitte der 80er Jahre sogar 32-pol oder 36-pol Chips. Als Bezeichnungen trugen diese Chips regelmäßig Bezeichnungen die mit 27xxx oder 25xxx anfangen und oft auch mit Etiketten als BIOS mit Datum und Versionsnummer gekennzeichnet wurden.

6. RAM-speicher, in dem später nach dem Start des Computer Programm und Programmdatei geladen werden:

Der Speicher wurde (sofern wir nicht über „uralt-Systeme sprechen, die noch über Kernspeicher verfügten – wobei solche Systeme meist dann auch noch mit Röhren aufgebaut waren) in sogenannten „Speicher-Bänken“ aufgebaut – wobei es hier verschiedene Formate gab: Zum einen gab es Speicherchips die jeweils **4 Bit** enthielten **und die deshalb jeweils paarweise angeordnet wurden.** Diese Speicherchips zeichneten sich dadurch aus, dass sie meist in erheblich längeren Gehäusen also 20-pol oder 22-pol Gehäusen. In diesen Fällen wurden dann jeweils mehrere Bänke (die jeweils dann nur aus 2 Chips bestanden) zu mehreren Bänken (meist 4 Bänke (á 2 Chips) also 8 Chips oder 8 Bänke also 16 Chips zusammengefasst.

Alternativ gab es die Organisation des Speicher mit Chips, die jeweils nur **1 Bit** enthielten und deshalb jeweils **in Gruppen (Bänken) á 8 Chips** (somit 1 Byte) zusammengefasst wurden. Diese Chips mit jeweils nur einem Bit auf dem Byte zeichneten sich dadurch aus, dass sie in kleineren Gehäusen (also meist 16pol oder 18 pol Gehäusen) untergebracht waren. Es gab verschiedene Bezeichnungsgruppen für diese Chips, die meist mit einer Zifferkombination von 41,42, 44, 51, 52, 81 anfangen gefolgt von der Zifferkombination 16,32,64, 128 oder 256 und viel später auch 001 markiert und diese Zifferkombination wieder wurde – mit einem Minuszeichen von einer Zifferfolge 2,15,3,20,60,70,80 abschließ, **welche die Zugriffsgeschwindigkeit indizierte.** Die Chipbezeichnung 4216-3 bezeichnete also einen Chip aus der 42er Reihe mit 16kB x 1 Bit und einer Zugriffszeit von 300 Nanosekunden.

Die Zugriffscodes waren wie folgt:

- 70 = 70 nanoSekunden
- 80 = 80 nanoSekunden
- 15 = 150 nanoSekunden
- 2 = 200 nanoSekunden
- 3 = 300 nanoSekunden

Auf der Platine fallen die RAM-speicher Bänke meist deutlich auf als ein, zwei oder 4 Reihen **à je 8 gleichartigen Chips mit gleicher Typenbezeichnung** auf. Meist sind in der Nähe dieser Speicherbänke in größerer Anzahl auch noch Scheiben- oder Keramikkondensatoren angeordnet, die für die Speicherchips die Versorgungsspannung filtern und puffern.

Ab Mitte der 80er Jahre wurden für den Arbeitsspeicher Module verwendet, also sehr kleine „Miniplatinen“ mit 2, 3, 8 oder 9 sehr kleinen Chips, welche senkrecht in entsprechende Fassungen gesteckt wurden.

Diese Fassungen sind übrigens bekannt dafür, dass sie regelmäßig Probleme verursachten, **weil die Federkontakte innerhalb der Fassung in ihrer Spannung nachließen und dann der Speicher nicht mehr zuverlässig funktionierte.**

7. einige Controllerchips zur Kontrolle der „internen“ Peripherie, wie Tastatur, Bildschirmausgabe, und externe Schnittstellen wie Duckeranschluss oder Modemanschluss:

Die Controllerchips für etwaige „interne“ Peripherie lassen sich in 4 Gruppen aufteilen:

- a) Chips zur Kontrolle der synchronen oder asynchronen seriellen Schnittstellen**
(SIO genannt – meist in einem 24pol oder 28pol Gehäuse)
- b) Chips zur Kontrolle der parallelen Schnittstellen**
(Via oder PIO genannt - meist in 40pol Gehäusen)
- c) Keyboardcontrollerchips zum decodieren der Tasten der Tastatur**
(Keyboarddecoder genannt – entweder als Spezialdecoder in kleineren 34 oder 36-pol Gehäuse und relativ häufig wurden auch sogenannte Microcontrollerchips aus der Reihe 8042,8048 oder 8051 verwendet – also Chips mit eigenem Prozessor und eigenem ROM in dem das Programm zum decodieren der Tasten hinterlegt war) - diese Chips sind meist in unmittelbarer Nähe der Kabelanschlüsse der Tastatur untergebracht.

Die Controllerchips für eine Bildschirmausgabe waren nur in älteren Systemen manchmal auf der Platine integriert und dann meist in unmittelbarer Nähe des Monitoranschlusses untergebracht – in späteren Systemen wurden stattdessen oft eher eigenständige Einsteckkarten benutzt um die Monitore anzusteuern.

d) In späteren Systemen kamen auch noch Spezialchips für das sogenannte „Memory-management“ (MMU genannt) – also für die Organisation und das Handling des Speichers zum Einsatz. Dies trifft vor allem für jene Systeme zu, deren Speicher die erste größere Barriere von 64kB überwand, weil dort häufig mit der Technik des „Bankswitching“ gearbeitet wurde.

sowie **8. in einigen Fällen noch weitere Controllerchips, die Speichermedien wie Diskettenlaufwerke oder Festplatten gesteuert werden** bzw. bei älteren Geräten die Speicherung auf Cassettenrecorder.

Bei den meisten früheren Systemen waren die Schnittstellen zum Diskettenlaufwerk oder Festplattenlaufwerk nicht vorhanden sondern wurden auf externen Zusatzkarten realisiert. Stattdessen wurden bei diesen Systemen die Programme und Daten entweder auf Cassettenrecorder – oder bei noch älteren Systemen auf Lochstreifen oder Lochkarten gespeichert. Die Schnittstellen zum Cassettenrecorder waren meist sehr einfach ausgestaltet und enthielten einen kleinen Taktgenerator (Baud-generator) bestehend aus einem 555 oder 556 Chip oder einigen Transistoren und ein serielles Schieberegister gefolgt von einem Treiber (meist ebenfalls ein Transistor), die sehr nahe bei den entsprechenden Ein- und Ausgängen untergebracht waren.

Bei den Diskettencontrollern wurden anfangs noch Controller analog aufgebaut – hatten also noch nicht den später gebräuchlichen **Shugartbus (also das bekannte 34polige Kabel)**. Als der Shugartbus eingeführt wurde, wurden regelmäßig Controllerchips von bekannten Herstellern verwendet (am häufigsten von Seagate und Western Digital) – am weitesten verbreitet waren der WD1793 und WD1797.

Bei den Festplatten hingegen gab es 2 Plattformen der Entwicklung: zum einen den Vorläufer des IDE-Busses (40 pol Kabel) der sogenannte **ST-Bus bestehend aus 2 Kabeln** (einem 34 poligen Steuerkabel zum Ansteuern des Motors und der Steuerung der einzelnen Schreib/Leseköpfe und einem 20pol. Datenkabel über den die Daten zum Lesen und Schreiben liefen. Hier war der am weitesten verbreitete Standard der sogenannte **ST506 Standard** – daneben gab es aber noch den ST508 Standard für das RLL-Aufzeichnungsverfahren.

Festplatten für diese Standards sind heute praktisch nicht mehr aufzutreiben. Man kann als Grenze zwischen diesem und den nachfolgenden Standard die Speichergröße der Festplatten heranziehen: Festplatten mit bis zu 20 MegaByte und gelegentlich 40 Megabyte hatten meist das ST-Standard, wohingegen ab 20 Megabyte und später ab 40 Megabyte setzte sich der IDE Standard durch. Diese beiden Standards wurden dann vom **IDE-Standard** mit den heute auch noch bekannten 40poligen Kabel abgelöst.

Parallel dazu existierte über die ganze Zeit hinweg der **SCSI-Standard** als eigenständige Plattform. Bei diesem Standard gab es den „verkleinerten“ Bus mit **25 poligem Kabel** während das **50 polige Kabel** der eigentliche Standard war. Später wurde dieser Standard durch den „**Wide-SCSI-Standard**“ abgelöst mit einem 68-poligenm Kabel. Am weitesten verbreitet wurde beim Standard SCSI Bus der 5380 Chip verwendet. Daneben gab es auch etliche Spezialchips von Seagate und Western Digital. Aber auch einige andere große Chipshersteller wie NCR hatten eigene Chips im Markt.

- Bootschemas

Obwohl generell jedes System über ein eigenes Bootschema verfügt, dass an die individuelle Konfiguration des Systems angepasst ist, **lassen sich eigentlich alle Bootvorgänge unter einem generellen Bootschema zusammenfassen:**

1)

Mit dem Einschalten des Stroms werden zunächst alle Chips mit einem „**General-reset**“ auf einen Ausgangszustand zurückgesetzt und **der Taktgenerator beginnt Taktimpulse zu erzeugen** und damit bringt **die CPU dazu zunächst einmal vom ROM-speicher das BIOS einzulesen.**

2)

während dieses Einlesevorgangs werden dann die Controllerchips initialisiert (also in einen definierten Ausgangszustand gebracht) und gegebenenfalls über eine kurze Routine abgefragt, ob an diesem Controller ein Gerät angeschlossen ist und dann die Antwort auf diese Abfrage im RAM-speicher in einem für das System reservierten Speicherbereich (**meistens als Zeropage bezeichnet**) eingetragen, damit das System die vorhandene Hardware erkennt.

3)

Anschließend wird in den meisten Systemen ein **sehr einfacher kurzer Speichertest** durchgeführt, um festzustellen, **wieviele Arbeitsspeicher zur Verfügung steht** und die Grenzwerte (also oberste Speicherzelle und unterste Speicherzelle) werden in die Zeropage eingetragen. Allerdings sagt in den seltensten Fällen dieser Speichertest wirklich etwas über die tatsächliche Zuverlässigkeit des Speichers aus.

4)

nachdem die „internen“ Geräte initialisiert sind, zeigt das System auf dem Bildschirm entweder ein Prompt (also ein spezifisches Zeichen zu Eingabe von Kommandos - bei älteren Systemen)

5)

oder es versucht **einen weiteren Bootvorgang** von einem externen Gerät (falls ein solches in der Zeropage eingetragen wurde – wie z.B. ein Diskettenlaufwerk oder eine Festplatte) **ein Betriebssystem einzulesen.**

Es ist also empfehlenswert zu erkennen, ob ein Bootvorgang bereits schon während der ersten Phase („intern“) abbricht und scheitert, oder ob etwa der Abbruch während des zweiten „externen“ Bootvorgangs – also beim Einlesen eines Betriebssystems erfolgt.

Je nachdem, um welches System es sich handelt, kann generell gesagt werden, dass während des internen Bootvorgangs ein „Crash“ also der Abbruch mit einer Anzeige von Maschinencode oder einer Adresse im Maschinencode (meist als Monitormeldung bezeichnet) und der Speicherinhalte endet – wohingegen ein „Crash“ während des „externen“ Bootvorgangs – also beim Einlesen eines Betriebssystems meist mit „Klarsprach-Meldungen“ wie z.B. „No Disk“, „Readererror“ oder ähnlichen angezeigt wird.

Generell kann festgestellt werden, dass praktisch jedes System sich auch ohne periphere Geräte starten lässt und nur einer „Minimal-konfiguration“ bedarf – also zum Starten erst mal weder Diskette noch Festplatte benötigt. In einem solchen Fall sollte ein System schlichtweg einer Promptanzeige am Monitor enden und auf eine Eingabe von der Tastatur warten. **Etliche Systeme geben an diesem Punkt auch einen Piepton am Systemlautsprecher aus.** Wenn man also diesen einen Piepton hört aber keine Anzeige am Bildschirm hat, kann man davon ausgehen, dass das System zwar im CPU, ROM und RAM bereich intakt ist und der Fehler sich im Bereich der Bildschirmkontrolle oder im Bildmonitor selbst befindet.

Wenn diese Stufe eines Bootvorganges erreicht werden kann, kann grundsätzlich unterstellt werden dass das System einsatzbereit ist. Dies ermöglicht also schon die erste Eingrenzung, ob man es mit einem internen Systemfehler oder mit einem Fehler in den externen Geräten zu tun hat. Auch Tastaturfehler lassen sich in dieser Stufe am Prompt erkennen, wenn bestimmte Tasten eine Anzeige produzieren oder nicht - und wenn Fehler auftreten, welche Tasten hiervon betroffen sind. **Auch aus der Art dieses Fehlers lassen sich Schlüsse auf die Ursache des Fehlers erkennen:** Werden die Eingaben falsch angezeigt – also der auf der Taste angezeigte Buchstabe wird nicht korrekt angezeigt sondern statt dessen ein anderes Zeichen, dann dürfte der Fehler in Keyboarddecoder sein.

Unerwünschte Wiederholungen haben ihre Ursache hingegen regelmäßig im Bereich der **Tastentprellung** (die manchmal Teil – also ein Widerstand und/oder ein Keramikkondensator – an einem Pin des Encoders sind); wenn hingegen einzelne Tasten mit Fehlfunktion weit über die Tastatur verstreut sind – so dürften die Kontakte in den jeweiligen Tasten selbst oxidiert sein und derartige Fehler können oft durch häufiges Betätigen der entsprechenden Tasten oder deren Reinigung beseitigt werden – und schließlich **wenn dicht nebeneinander liegende Tastengruppen ausfallen, so handelt es sich regelmäßig um eine Beschädigung einer Leiterbahn innerhalb der Tastenmatrix.**

Wenn der „Crash“ sich im vorderen Startbereich ereignet und etwas auf dem Bildschirm angezeigt wird, so lohnt es sich dennoch 2 oder 3 derartige Abstürze zu „produzieren“, sofern keine anderen Gründe wie Rauchentwicklung, Verbrennungsgeruch oder extreme Hitzeentwicklung dagegen sprechen. Hierbei sollte man sich die Anzeige möglichst genau einprägen. **Mann kann nämlich auch aus der Art dieser Anzeigen Rückschlüsse auf die Art des Problems ziehen.** Ändert sich die Anzeige zwischen den Crashes deutlich voneinander, so spricht dies dafür, dass der „Crash“ sich an verschiedenen Stellen des Bootprozesses ereignet – wohingegen wenn die Anzeige annähernd immer gleich ist – dann dürfte der Crash sich immer an der gleichen Stelle ereignen.

Im ersten Fall dürfte eher ein Fehler in einer Speicherbank zu suchen sein (z.B. Wackelkontakt am Chip oder Oxydation am Sockel) , bei dem die Ansteuerung des Arbeitsspeichers betroffen ist, wohingegen im zweiten Fall regelmäßig entweder der Datenbus oder der Adressbus betroffen sind (also eher die Buscontrollerchips – die Transceiver – wie 8T97, 8T98, 74LS244, 74LS245 oder 74LS373 oder Leiterbahnschaden) .

In solchen Fällen wird man zur weiteren Diagnose zum Oszilloscope greifen, um gezielt einzelne **Daten- und Adressleitungen** zu suchen, die **permanent in einem Dauerzustand verbleiben**, ohne ihren Zustand mittels von Impulsen zu wechseln. Dies indiziert dann entweder einen Kurzschluss, eine fehlende Ansteuerung oder eine Unterbrechung der Leitung, nach der dann gezielt entlang des Verlaufes der Leitung gefahndet werden kann.

Grundsätzlich sollte man beim Booten in der sogenannten „Grundkonfiguration“ immer nur eine Speicherbank benutzen. Erst wenn der Bootvorgang in dieser Grundkonfiguration ohne Fehler von statten geht, sollte man den Speicher nach und nach um eine weitere Speicherbank ausbauen.

Wer ganz auf „Nummer sicher“ gehen will testet, zuerst in der „Grundkonfiguration“ jeweils eine Speicherbank nach der anderen jeweils in der ersten Reihe, bevor er tatsächlich sich an den Ausbau auf alle Speicherbänke heran arbeitet, denn in den meisten Systemen werden Fehler in höheren Speicherbänken nicht zwangsläufig sichtbar und sind dann in der Ausbaustufe oft schwerer zu diagnostizieren. Vor allem, wenn man erst einmal eine vollständige Speicherbank hat, von der man zuverlässig weiß, dass die Chips in Ordnung sind - so ermöglicht dies durch gezielte Tauschaktionen im Anschluss bei Testen weiteren Speicherchipreihen dem Anwender, defekte einzelne Speicherchips gezielt zu suchen und festzustellen, um diese dann auszusortieren.

- Display

Im Regelfall wird man bei der Diagnostik nicht ohne ein Display also einen Bildschirm auskommen. Allerdings kommen nur bei den wenigsten Retrosystemen wirklich diagnostische Daten zur Anzeige. Es gibt nur einige wenige Systeme, die in einer Bildschirmecke den jeweiligen Status des Bootvorgangs durch Ausgabe von Hex-codes nachvollziehbar machen. Im allgemeinen wurde die Ausgabe diagnostischer Daten am Bildschirm erst mit der Einführung/Integration des **POST (power On Self Test)** in das BIOS eingeführt und man konnte ab dann wenigstens zur Anfangszeit, den Speichertest und die Erkennung von Grafikkarte, erkannten Disketten- und Festplattenlaufwerken und erkannten Schnittstellen mit verfolgen.

Bei älteren Systemen ohne diese Integration hingegen kann man oft nur an hand der Bildschirmausgabe bei einem „Crash“ in etwa abschätzen, wo das System abstürzte, wobei aber oft die Erfahrung hier weiter hilft, da jede Art eines Systemabsturzes jeweils typische Bildschirmausgaben generierte. Dazu sind aber oft detaillierte Kenntnisse der Abläufe beim Booten des jeweiligen Systems unabdingbar.

Ein eigenständiger Problembereich stellen die Fehlfunktionen in der Anzeige am Display selbst dar. Gerade bei älteren Retrosystemen, die vor 1982 hergestellt wurden, **ist eine Anzeige an einem NTSC-Bildschirm vorgesehen, weil diese Systeme oft für den U.S. Markt vorgesehen waren** und gerade in Homecomputerbereich für die Ausgabe an einem Fernsehgerät vorgesehen waren. Allerdings kann man auch oft an solchen Systemen an bestimmten Stellen ein sogenanntes FBAS-Signal abgreifen und daraus ein Signal für die Wiedergabe an einem Monitor abgreifen. Bei einer solchen Inkompatibilität von **NTSC** zu der in Europa gebräuchlichen **PAL-Norm** tauchen regelmäßig die üblichen „Verdächtigen“ auf – also ein **nicht synchronisierbares Bild** bei dem die „stehende“ Wiedergabe diagonal oder vertikal läuft und nicht mit einfachen Mitteln zum Standbild gebracht werden kann.

Deshalb sollte man zur Diagnose von Problemen immer einen Monitor benutzen, der möglichst viele von aussen zugängliche Trimmer für Hsync, Vsync, Hwidth und Vwidth zur Verfügung stellt.

Zwar bieten Monitore oft diese Trimmer – sofern diese nicht von aussen zugänglich sind – diese Trimmer im Gerät selbst bereit – allerdings birgt dann ein solcher Monitor – gerade für Laien immer die latente Gefahr, beim Entfernen der Abdeckhaube aus Versehen im Monitor in Kontakt mit gefährlichen Bereichen in Berührung zu kommen. **Die Abnahme der Rückwand von solchen Monitoren kann daher nur jenen Personen empfohlen werden, die mit den Risiken eines Monitors und der dort vorkommenden Hochspannungen vertraut sind** und die entsprechend sorgfältig mit solchen Risiken umgehen können. **Ansonsten wird Laien dringendst empfohlen das Gehäuse des Monitors oder eines Schaltnetztes geschlossen zu lassen.** Das gleiche gilt im Übrigen auch für Netzteile (besonders Schaltnetzteile) die ebenfalls mit lebensgefährlichen Spannungen und Stromstärken arbeiten.

Gerade wegen der Unterschiede zwischen dem NTSC und dem PAL-standard empfiehlt es sich – sofern man öfters mit der Reparatur von älteren Systemen zu tun hat, **einen alten portablen Fernseher zu haben**, da dieses oft entweder über ein internes Setup **oder über einen externen Schalter zwischen beiden Standards umschaltbar ist** und dann für die jeweils erforderliche Norm angepasst werden kann.

Nebenbei sei noch am Rande darauf hingewiesen, dass bei Sync-Problemen auch manchmal ein Problem im Primär-Versorgungskreis vorliegen kann. Derartige Probleme treten vor allem in Häusern auf, deren Baujahr der Errichtung vor 1960 liegt. In solchen Häusern (meist daran erkennbar, **dass dort die primären Sicherungskreise noch über Schraubsicherungen abgesichert sind** und nicht über die modernen sogenannten FI-Sicherungen) können verschiedene Probleme auftreten, die ihre Ursachen in der Netzversorgung und nicht im System selbst haben.

In solchen Häusern sollten alle im Test verwendeten Geräte (also System selbst, Monitor, Drucker und Oscilloscope) **an der selben Steckdose über eine gemeinsame Mehrfachsteckleiste hängen.**

Ferner sollte in einem solchen Fall sichergestellt werden, dass im genutzten primären Stromkreis keine Schalter mit der sogenannten „**klassischen Nullung**“ verwendet wird. Oft wurden nämlich in solchen alten Häusern die Nichtphase und der Schutzleiter nicht sauber getrennt gehalten und in Zimmern mit Wechselschaltern (also Zimmern bei denen an verschiedenen Zimmereingängen mit Schaltern das Licht wechselweise ein- oder ausgeschaltet werden konnte) wurden dann manchmal die Schutzleiter Leitungen auch zum Schalten herangezogen. Dies kann schnell ermittelt werden, wenn **mit einem Phasenprüfer am Nullleiter** bei bestimmten Lichtschalterstellungen noch **Restströme (als schwaches Glimmen erkennbar) auf dem Schutzleiter vorhanden sind.**

Dies kann zu den verschiedensten und z. T. abstrusesten Testergebnissen führen: als Beispiel sei ein serieller Drucker genannt, der nur dann korrekt druckt, wenn auf beiden Seiten der Lichtschalter in „aus“-Position ist – wohingegen, wenn beide Schalter auf „ein“ stehen und die Lampe nicht brennt, weil auf beiden Seiten eine heisse Ader anliegt, aber auf den Schutzleiter ein Reststrom vorhanden ist druckt der Drucker chaotische Seiten aus. Sollten in der Netzstromversorgung derartige Probleme vorliegen, so sollten Prüf-, Mess- und Reparaturvorgänge an einen anderen Ort - ohne solche Probleme - verlegt werden.

- Diagnose im Bootprozess

Während beim Apple generell ebenso, wie den meisten anderen Computern ein rudimentäres BIOS noch im ROMspeicher der Hauptplatine hinterlegt war, so gab es doch Ausnahmen, wie z.B. den Commodore Amiga, dessen BIOS über eine Kickstartdiskette in das System geladen wurde. Mitte der 80er Jahre begannen die Hersteller mit der Einführung des IBM PC's also demXT-Modell im BIOS-chip einen sogenannten **POST** (Power On Self Test) zu integrieren, der bei Einschalten des PC's nicht nur einen simplen Test auf die Integrität des Systems ausführten, sondern auch Fehlermeldungen in Form vom „**Piep**“-codes auf dem Systemlautsprecher ausgaben. Da sie Hersteller des BIOS-chips oft nicht identisch mit dem eigentlichen Hersteller des Computers waren entstanden im wesentlichen 3 Firmen, die praktisch nur BIOS-chips entwickelten: AMI, AWARD und PHOENIX und Die gängigsten Piepcodes bei den IBM-kompatiblen wurden dann auf Tabellen publiziert.

Bei Wikipedia findet man auch jetzt noch diese Tabellen mit den entsprechenden Fehlercodes unter:

http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_BIOS-Signalt%C3%B6ne
aufgelistet und nach BIOS-Hersteller sortiert.

Allerdings wenn man ein System vor sich hat, dass nicht über ein solches BIOS mit POST verfügt, so kommt man schnell wieder auf den vorher erläuterten Punkt zurück: der sogenannten „Minimal Konfiguration“ also einem Computer nur mit Tastatur und Bildschirm, aber ohne angeschlossene Peripherie – also auch ohne Diskettenlaufwerk bzw. andere externe Speicherlaufwerke wie Festplatten.

Man kommt in solchen Fällen auch nicht umhin, sich ein wenig näher mit dem eigentlichen Ablauf des Bootvorgangs zu beschäftigen, besonders mit der Initialisierung des RAM also des Arbeitsspeichers und **ob für die Bildschirmausgabe ein eigenständiger Speicher vorhanden ist**, oder ob hierfür ein Teil des allgemeinen Arbeitsspeichers verwendet wird. Bei den Apple Computern aus der II-er Serie (egal ob II, II+, lie oder bei den Commodore Computern wird dieser Speicher gemeinsam genutzt – so dass beim Starten im Falle eines Crash´s zumindest irgendetwas auf dem Bildschirm - und seien es chaotische Muster – abzeichnen.

Dabei bleiben die Ladevorgänge von Grundsatz so, wie diese vorher oben aufgelistet wurden, also Laden des BIOS vom ROM, initialisieren der Chips, initialisieren des Arbeitsspeichers und Feststellung der vorhandenen Speichergröße und anschließend die Suche nach peripheren weitergehenden Startgeräten wie z.B. Diskettenlaufwerken und anschließender Rückkehr zum Prompt, falls keine weiteren Startgeräte gefunden werden.

Beim Apple z.B. sollte in einem solchen Fall für solche Tests auch die Diskettencontrollerkarte nicht im System sein, weil sonst das System grundsätzlich das Vorhandensein eines Diskettenlaufwerkes unterstellt und sich „aufhängen“ kann beim Warten auf das Einlesen eines Betriebssystems. Erst wenn das Computersystem in der Grundkonfiguration einwandfrei startet und am Prompt endet und die Tastatur einwandfrei funktioniert, sollte man dann anschließend fortfahren, nach und nach die weiteren Komponenten hinzuzufügen: zuerst ein Diskettenlaufwerk um ein Betriebssystem hinzu zu fügen – mit der möglichen Option eine Testdiskette zu benutzen, anschließend den Drucker um die Druckausgabe zu testen und anschließend das serielle Interface bzw. ein Test der Schnittstelle mit einem Blindstecker der intern eine Rückkoppelung enthält (also ein sogenanntes **NULL-Modem**).

Dies ist besonders deshalb sinnvoll, weil hierbei nur die Grundfunktion der seriellen Schnittstelle getestet wird – die meisten Fehler mit seriellen Schnittstellen rühren in der Praxis nämlich nicht von einem Defekt der Schnittstelle selbst her, **sondern von dessen Konfiguration**, wenn z.B. das angeschlossene Gerät 7 Bit kein Stoppbit und ein Parity Bit erwartet aber die Karte in Wirklichkeit wegen der Einstellungen 8 Bit 1 Stoppbit und kein Paritybit ausgibt.

Dann kann im weiteren Verlauf auch noch ein Festplattencontroller hinzugefügt werden und dessen Funktion getestet werden.

Ob man sich bei der Diagnose eher für ein „Ausschlussverfahren“ oder ein „Einschlussverfahren“ konzentriert, hängt oft von der Art der vorliegenden Symptome und vom Kenntnisstand hinsichtlich des Bootablaufs ab und wird gelegentlich auch von intuitiven Entscheidungskriterien beeinflusst.

- Diagnose mit Ausschlussverfahren (Motto: was funktioniert ?)

Eine Diagnose mit dem Ausschlussverfahren (also nach der Maxime: Was funktioniert und kann somit KEIN Teil des Fehlers sein) wird man tendenziell eher bei Systemen anwenden, bei denen der Fehler im späteren Verlauf des Startvorgangs oder bei einem Fehler der erst nach dem Start in der Minimalkonfiguration auftritt – also bei Fehlern in der peripheren Hardwareumgebung.

- Diagnose durch Eingrenzung (Motto: was funktioniert nicht ?)

Dagegen wird man bei Fehlern direkt im Grundsystem – also Fehlern die beim Starten in der Minimalkonfiguration – eher die Diagnose durch Eingrenzung (frei nach dem Motto: wenn dieses nicht funktioniert und jenes auch nicht funktioniert – dann dürfte das fehlerhafte Teil jenem Bereich angehören, **das von beiden nicht funktionierenden Teilen gemeinsam genutzt wird**, z.B. wenn sowohl ROM als auch RAM nicht funktionieren, dann sind es wohl eher nicht die Bauteile selbst, sondern eher der Datenbus oder der Adressbus, welche von beiden gemeinsam genutzt werden. Wohingegen, wenn das System nicht einmal ansatzweise starten will, dann dürfte entweder ein Fehler in der CPU selbst oder in dessen unmittelbarer Umgebung – also der Stromversorgung, dem Taktgenerator, oder den Buscontrollern, die die Kommunikation mit der internen Umgebung regelt, also den Trancievern (8T97, 8T98, 74LS244, 74LS245 oder ähnlichen).

II. Praxis

A) Reinigung

Vor der Reparatur sollte in jedem Falle eine sorgfältige Reinigung des Gerätes stattfinden. Je nach Art des zu reinigenden Materials kommen für die Reinigung verschiedene Methoden und Materialien in Frage. Dabei ist natürlich vor allem darauf zu achten, dass als Reinigungsmittel regelmäßig solche Stoffe eingesetzt werden, die keine aggressive Reaktion auslösen.

Dies gilt vor Allen für den Einsatz von Aceton oder Nitroverdünnungen statt dessen sollte man eher Isopropanol-Alkohol mit 70% bis 80% verwenden, da dieses auch weitgehend rückstandsfrei verdunstet.

Inzwischen hat sich bei Apple-Usern die einen über 25 Jahre alten Computer wieder in Betrieb nehmen wollen, herumgesprochen, dass eine Reinigung der Hauptplatine in der Geschirrspülmaschine eine zwar unorthodoxe aber probate Methode ist, die Platine so sauber zu bekommen, dass diese fast wieder wie neu aussieht. Allerdings sind dann verschiedene Punkte bei diesem Procedere zu beachten:

1. alle IC's welche in Sockeln sitzen werden gezogen und auf einer separaten Antistatikmatte bis nach der Reinigung aufbewahrt.
2. **Bei der Reinigung in der Spülmaschine darf kein Reinigungsmittel** (also kein Spülmittel oder Reinigungstabs) verwendet werden – es wird nur mit Wasser gereinigt! Der Grund liegt in den Zusätzen in solchen Reinigungsmitteln, die verschiedene sogenannte **Tenside** beinhalten, die ihrerseits sonst chemische Reaktionen (insbesondere Oxydation) hervorrufen können.
3. Nach dem Spülmaschinengang muss die Platine äußerst sorgfältig und zügig getrocknet werden – entweder in einer Trockenkammer oder zumindest unter Warmluftzufuhr oder unter einer Infrarotlampe. Die Trocknung ist erst dann abgeschlossen, wenn auch die letzten Reste von Feuchtigkeit auch aus den Sockeln und unter den Sockeln entfernt wurden. Die beschleunigte Trocknung soll vor weiterer Korrosion schützen.

Alternativ kann man auch eine Trockenreinigung in Erwägung ziehen. Entweder mit einem Pinsel mit mittelharten langen Schweinshaarborsten den Staub lösen und „herunter“ fegen und anschließend mit dem Staubsauger nachsaugen. Der Grund für die Notwendigkeit des Entfernens vom Oberflächenstaub ist vor allem elektronisch begründet. Solche Staubschichten können auch auf kurzen Strecken bei entsprechender Luftfeuchtigkeit genügend leitend werden, dass es zum Fluss von Kriechströmen kommen kann, die dann wieder zu Fehlreaktionen führen können.

Oder – sofern man ohnehin in einer Werkstatt vorhat seinen Motor oder die Polster seines Auto's mit Kohlendioxid zu reinigen, so kann – sofern man den eigentlichen Mitarbeiter kennt – eventuell diesen dazu überreden dass dieser vorsichtig auch eine Platine ebenfalls der Reinigung unterzieht – auch in diesem Fall sollten vorher die gesockelten IC's von der Platine gezogen und auf einer separaten Antistatikmatte bis nach dem Anschluss der Reinigungsmaßnahme verwahrt werden.

Falls die Platine mit Borsäure aus ausgelaufenen Elektrolytkondensatoren verschmutzt ist, so muss die Reinigung mit Seifenlauge vor allen anderen weiteren Reinigungsmaßnahmen vorgenommen werden.

Bei der Reinigung von oxydierten Kontaktflächen – sei es auf Platinen die Goldkontakte oder Silberkontakte oder gar unlackierte Kupferflächen oder bei IC's die Anschlussbeine sollten auf gar keinen Fall irgendwelche Formen von Schleifpapieren (nicht einmal Nass-Schleifpapiere !) verwendet werden und auch der Radiergummi hilft hier nicht weiter. Die einzige saubere Reinigungsmethode in solchen Fällen ist der „**Polibloc SENO 2003**“, den aus in verschiedenen Quellen im Elektronikfachhandel zu kaufen gibt (z.B. Conrad, Reichelt oder ähnliche).

B) Tips und Tricks

1)

Nach der Reinigung von Kontaktflächen und Steckern kann man einen Tip aus der Raumfahrttechnik benutzen: Dort werden Kontaktflächen in Satelliten vor dem Zusammenbau mit einer dünnen Schicht aus Babyvaseline versehen. Dies verhindert nicht nur eine weitere Oxydation im ruhenden Zustand, sondern beim Zusammenstecken von Komponenten wird der dünne Film von den Kontakten „zur Seite geschoben“ und bildet außen um die kontaktierende Fläche eine Art Schutzfilm-Mantel (vergleichbar einem Schrumpfschlauch) und verhindert so, dass Sauerstoff oder Wasser an die Kontaktflächen selbst gelangt, um Oxydation zuzulassen.

2)

Bei Arbeiten an älteren Lötstellen hilft es oft, kurz ein wenig Lötlackspray hinzusprühen, da dies ein weniger aggressives Flussmittel enthält als Lötpaste und altes Lötzinn dann wieder gute Fließeigenschaften entwickelt, was sowohl beim Nachlöten als auch beim Entlöten hilfreich ist.
<http://www.sly.de/artikeldet.php?proid=40271&bez=L%F6tlackspray%20200ml>

3)

Für Reparaturen von Geräten mit empfindlichen Oberflächen empfiehlt es sich, eine mit Kork bezogene Sperrholzplatte als Unterlage zu verwenden. Dies hilft Kratzer an empfindlichen Oberflächen zu vermeiden.

4)

Für Arbeiten an Systemen mit metallischen Oberflächen empfiehlt sich die Verwendung eines Trenntransformators mit entsprechender Absicherung als Schutzmaßnahme – damit das zu testende Gerät vom eigentlichen Stromnetz getrennt ist.

5)

Gutes streuarmleres Licht ist die Voraussetzung für sauberes und sicheres Arbeiten.

6)

An einem guten Arbeitsplatz sollte immer auch eine großflächige Lupe mit eigenem Standfuß oder Schwenkhalterung vorhanden sein. Zum einen hilft es die Hände für andere Aufgaben frei zu halten und zum Anderen hilft eine gute und große Lupe (mit etwa 5- bis 10-facher Vergrößerung) eventuelle Lötbrücken, kalte Lötstellen oder Kurzschlüsse zu entdecken.
<http://www.amazon.de/Lumeno-Arbeitsplatzlampe-Gummischutzkante-Kosmetiksalons-Vergr%C3%B6%C3%9Ferungslampe/dp/B007GHB3SI>

7)

Bei älteren Geräten kommen oft Verfärbungen des Plastiks vom Gehäuse vor (Vergilbungen unter dem Einfluss von UV-Licht). Es gibt im Internet verschiedene Anleitungen zur Herstellung von Bleichmitteln, um derartige Vergilbungen rückgängig zu machen. Es empfiehlt sich aber, sofern man noch keine Erfahrungen damit gesammelt hat, ein derartiges Verfahren zuerst einmal mit einer weniger wertvollen Gehäuseteil vorzunehmen. Natürlich sollte man – wie im Umgang mit allen Chemikalien – entsprechende Schutzmaßnahmen für die Haut, Kinder, Haustiere etc. gegen ungewollten Kontakt vornehmen (also Plastikhandschuhe wie beim Haarefärben üblich) und anschließend gründliches Händewaschen.

<http://www.c-c-g.de/sammeln/114-vergilbte-kunststoffgehaeuse-bleichen-mit-qretr0brightq>

<http://www.cbm-museum-wuppertal.com/000001986709fa002/03c1989c420a40902/index.html>

<http://ununseptium.de/2011/08/retr0bright-alte-computer-in-neuem-glanz/>

C) Bauteilecodes

Wer sich mit der Reparatur von älteren Systemen auseinandersetzt und sogar selbst vornimmt, wird nicht umhin kommen, die sogenannten Bauteilecodes auswendig zu lernen. Dies hört sich schlimmer an als es tatsächlich ist. Der farbencode für Widerstände umfasst nur zehn Farben, die die Ziffern 0 bis 9 repräsentieren und oft genug findet man diesen Farbencode sogar auf keramischen Kondensatoren wieder.

Und die gängigen Bezeichnungen der Wertegruppen bei Widerständen in Milliohm (also 1/1000stel Ohm), Ohm, kiloOhm (also Zahl mal 1000 Ohm) und MegaOhm (also Zahl mal 1.000.000 Ohm) und bei Kondensatoren die Wertegruppen in Farad, μF = also Microfarad (= x 1/1000stel), nF = also NanoFarad (= x /1.000.000stel) und pF = also Picofarad (= x /1.000.000.000stel) womit sich bei Kondensatoren die Abstufung ergibt $1000 \text{ pF} = 1 \text{ nF} \Rightarrow 1000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$ und zum Schluss $1000 \mu\text{F}$ ergibt 1 Farad sollten natürlich bekannt sein

Ebenso sollte er eine weitere besonders auf Keramikkondensatoren übliche Notation erkennen und deuten können: z.B. 103 = 10 nF = wobei die ersten beiden Ziffern den Wert und die letzte Ziffer die Anzahl der Nullen angibt – also z.B. 122 einen Wert von 1,2 nF ergibt oder 104 ergäbe einen Wert von 100 nF. Darüber hinaus gibt es meist noch eine Kodierung der Spannungsfestigkeit, wobei diese bei Elektrolytkondensatoren direkt hinter dem Wert angegeben wird und bei den „normalen“ also ungepolten Kondensatoren im Regelfall wieder in abgestuften Werten vorliegen: 63 Volt, 100 Volt, 250 Volt, 400 Volt oder 1000 Volt.

Diese Spannungsfestigkeit gibt an bis zu welcher maximalen Spannung der Kondensator betrieben werden kann ohne Gefahr zu laufen, dass er „durchschlägt“ also kurzschließt. Es muss also darauf geachtet werden, dass der Kondensator immer mit einem „sicheren“ Bereich betrieben wird also dessen Spannungsfestigkeit nicht überschritten wird.

Bei den IC's sollte der Anwender in der Lage sein zwischen der eigentlichen IC-Bezeichnung und den oft ebenfalls auf den Chips befindlichen meist 4-stelligen sogenannten „**Datecodes**“ also dem Datum der Fertigung (meist im Format WWJJ abgefasst) z.B. 3579 ist die 35igste Kurzwoche im Jahr 1979 zu unterscheiden.

http://www.ph-ludwigsburg.de/html/2f-tech-s-01/studium/Veranstaltungsmaterial/Programme/Widerstand%20Farbcode%204%20und%205%20Ringe_DIN%2041429.htm

D) Schaltpläne

Die Suche nach einem Schaltplan im Internet kann durchaus ziemlich aufwendig ausfallen. Zwar kommen oft bei Google erst hunderte von Links auf irgendwelche bezahlpflichtigen Dienste, die Schaltpläne anbieten (und oft nur deshalb weiter vorne aufgelistet werden weil sie mit unlauteren Mitteln sich nach vorne in die Liste pushen), doch es lohnt sich oft weiter zu suchen und man kann ziemlich oft auch ohne diese kostenpflichtigen Dienste auskommen. Auch wenn ein Schaltplan nicht immer sofort im Internet in downloadfähiger Form findet, so kann man oft über entsprechend spezialisierten Foren, seien sie als Anwender- oder als Plattformforen organisiert, über entsprechende Nachfragen von anderen Mitgliedern entsprechende Schaltpläne auftreiben. Und nicht selten wurden auch Schaltpläne entweder in sogenannten User Manuals oder Servicemanuals publiziert.

Ich persönlich rate dazu, erst dann auf bezahlpflichtige Dienste zurückzugreifen, wenn die direkte Suche über einige Tage hinweg keine Ergebnisse bringt und zusätzliche Anfragen in entsprechenden Fachforen nicht innerhalb von etwa 2 Wochen ein Ergebnis erbrachten. Wenn aber tatsächlich ein kostenpflichtiger Dienst in Anspruch genommen wird, so rate ich unbedingt dazu vorher auch noch einen Blick auf die Reputation des Dienstes zu werfen. Es gehen immer wieder neue Unternehmen in den Markt und alte verschwinden, weil nicht alle Dienste wirklich auf seriöser Basis arbeiten. Man kann als Faustregel annehmen, dass ein Dienst nur dann mit Sicherheit seriös arbeitet, wenn es mindestens schon seit 2-3 Jahren existiert. Je länger der Dienst existiert desto höher die Wahrscheinlichkeit eines seriösen Angebots.

Bei Computern gilt dies seltener, aber bei alten Monitoren finden sich oft die Schaltpläne in den Archiven des Schaltungsdienst Lange in Berlin:
<http://www.schaltungsdienst.de/anleitungen.html>

Es ist oft für mich beeindruckend, da ich mich gelegentlich auch noch mit Röhrenradios beschäftige, dass oft noch von Geräten die über 70 Jahre alt sind, oft noch die entsprechenden Schaltpläne auftreiben lassen – man sollte sich also nicht von ersten Misserfolgen entmutigen lassen sondern in solchen Fällen **unter Umständen ein bisschen mehr Zeit investieren**, um dann eventuell doch noch zum Erfolg zu kommen.

- Datenblätter im Internet

Bei normalen Chips ist die Suche nach Datenblättern im Internet nicht besonders schwierig und für die meisten Chips gibt es durchaus einen kostenfreien Zugang zum Download der entsprechenden Datenblätter:

<http://www.alldatasheet.com/>

<http://www.alldatasheet.net/>

<http://www.datasheetarchive.com/>

Anders stellt sich die Suche nach obsoleten Bauteilen aus der Zeit vor 1980 dar. Die Datenblätter mancher obsoleten alten IC's oder anderer Bauteile sind über diese Sites nicht so ohne weiteres aufzutreiben. In solchen Fällen wird man eher über die technischen Fakultäten mancher Universitäten fündig oder bei den Herstellern, die manchmal (in einigen Fällen nur auf Rückfrage per email) Links zu alten Datenhandbüchern bereitstellen, in denen die entsprechenden Halbleiter nachgeschlagen werden können.

Und wenn diese nicht im Internet gefunden werden, lohnt sich oft sogar noch (falls vor Ort vorhanden) ein Tagesbesuch in der Bibliothek der lokalen technischen Universität oder technischen Hochschule oder Fachhochschule, die oft noch alte Datenhandbücher im Regal stehen haben, vom dem dann vor Ort auf dem Kopierer noch Kopien gemacht werden können.

Auch die Suche in Fachforen ist hier oft lohnend, weil einige Mitglieder auf ihren eigenen Homepages Seiten bereitstellen, die die Daten und Anschlussbilder der wichtigsten Chips - in dem von ihnen favorisierten System - bereitstellen.

Allerdings sei an dieser Stelle nicht verschwiegen, dass gerade bei den eher internationalen Foren, die auf retrocomputig spezialisiert sind, es sinnvoll ist die englische Sprache zu beherrschen. Einige dieser Foren sind eher allgemein gehalten und haben für jeden Computerhersteller dann eigenständige Sektionen.... z.B.:

<http://8-bit-retro-computing.blogspot.de/>

<http://www.vintagecomputing.com/>

<http://forum.6502.org/>

<http://www.1000bit.it/main.asp>

<http://archive.org/details/tosec>

E) allgemeines zum Thema Löten

Beim Löten und Entlöten gilt grundsätzlich: Schlechtes Werkzeug produziert auch schlechte Ergebnisse. Man sollte sich deshalb schon bei der Auswahl des Werkzeugs darüber im klaren sein, dass die Arbeiten mit schlechtem und billigen Werkzeug Gefahren und Risiken für schlechte Arbeitsergebnisse in sich birgt. Zu große LötKolben – noch dazu wenn diese nicht geregelt sind bergen die Gefahr die Lötstelle oder die Bauelemente zu Überhitzen und deren Zerstörung vor einer Nutzung herbeizuführen, Entweder weil sich Leiterbahnen durch Überhitzung vom Trägermaterial abheben oder weil z.B. Dioden Überhitzt und zerstört werden, bevor diese überhaupt in Betrieb genommen werden. Auch kleinere LötKolben können ähnliche Gefahren in sich bergen, wenn diese ungeregelt sind. Zuerst „**verzundert**“ (also verkohlt) die Spitze, was die Leistung Lötzinn zu schmelzen dramatisch verschlechtert, der Zunder saugt auch das Flussmittel auf und verschlechtert die Fließleistung und wenn sich Teile des Zunders ablösen und in das Lot eintreten, so ist an diesen Stellen Bleifraß und Oxydation vorprogrammiert. Da die Schmelzvorgänge sich verschlechtern und somit auch verlängern erhöht sich auch das Risiko von Hitzeschäden an den zu verlötenden Bauteilen – besonders der kleineren Halbleiter.

Die Problematik der Überhitzung stellt auch eines der größten Probleme beim Entlöten dar. Man sollte also beim Entlöten von Chips wie Logikbausteinen den Chips immer zwischendurch Ausreichende Zeit zubilligen, um wieder auf Zimmertemperatur abzukühlen und damit ist nicht die Temperatur aussen am Chipgehäuse gemeint, sondern vielmehr die Temperatur innen am Chipwafer, also am innen vergossenen Chipträgermaterial. Aus diesem Grund sollte man sich auch angewöhnen, dass am Anschlußbeinchen - an dem man gerade arbeitet – zwischen Lötstelle und Gehäuse zur Kühlung eine Pinzette anklemmt. Hierbei wird nicht eine Pinzette verwendet, die auf Druck klemmt, sondern eine Pinzette, die „über kreuz“ arbeitet, also bei Druck den Kontakt löst und beim Loslassen den Kontakt schließt – und dessen Kontaktfläche etwas breiter ausgeführt sein sollte, damit die Kontaktfläche möglichst viel Wärme aufnimmt und von dem Anschlußbein abführt.

Entsprechende Kühlpinzetten sind im Elektronikfachhandel erhältlich.

<http://shop.nws-tools.de/index.php/de/preisliste-print-2013/elektronikwerkzeuge-2/pinzetten-sa-2/kuhl-pinzetten-sa-31.html>

<http://www.bahco-werkzeuge.de/products/5064.html>

Aus den bereits jetzt genannten Gründen empfiehlt es sich beim Kauf eines LötKolbens etwas tiefer in die Tasche zu greifen und ein LötKolben mit Temperaturregelung zu kaufen, zumal auf Dauer die Kosten für ein solches teureres System sich trotzdem bald amortisiert. Temperaturregelte Systeme gibt es bereits schon ab etwa 35 bis 40 Euro und professionelle Geräte sind schon um die 80 Euro erhältlich. Rechnet man die Lebensdauer einer „verzunderten“ Lötspitze mit insgesamt 36 bis 45 Stunden und die Kosten einer neuen Lötspitze mit etwa 4 bis 5 Euro so hat sich bereits schon nach der sechsten oder siebenten verzunderten Lötspitze die Kosten für die temperaturregelten Systeme amortisiert, da bei einer temperaturregelten Lötstation eine Lötspitze schlichtweg nicht heiß genug wird, um zu verzundern“. Damit entstehen auch keine „Schlackerückstände“, die einem die Qualität des Lötmaterials „versauen“ kann.

Zu weiterem guten Werkzeug beim Löten gehören auch LötLackspray, Entlötlitze in verschiedenen Breiten, LötFett und eine gute Saugpumpe.

Anzumerken ist, dass das LötFett nur für ganz wenige Einsatzbereiche wirklich Sinn macht und nicht als „Allheilmittel“ für etwaige Lötprobleme genutzt wird, da bestimmte Bestandteile des LötFetts durchaus eine aggressive Eigenschaft haben. Im Falle von Problemen mit der Fließfähigkeit sind eine gut gewählte Temperatur und notfalls Zugabe von ein wenig LötLackspray die bessere Lösung den auch LötLackspray enthält Flußmittel und verbessert somit die Fließfähigkeiten kurzfristig an der Arbeitsstelle.

F) verschiedene Verfahren beim Entlöten

Vor dem Entlöten eines Bauteiles sollte man zunächst einige Dinge im Umfeld der Stelle betrachten um korrekte Entscheidungen zu treffen:

Hat die Lötstelle direkte Verbindung zu größeren Kupferlagenflächen, die möglicherweise Hitze von der Arbeitsstelle „abzieht“ – wenn ja denn sollte man die Temperatur an der Lötspitze entsprechend erhöhen und dabei noch sorgfältiger am Bauteil für eine Wärmeableitung über die Kühlpinzette sorgen. Ziel ist immer die Einwirkung von Hitze am Bauteil selbst, so gut wie möglich, zu vermeiden, aber andererseits an der Lötstelle selbst möglichst optimale Hitze für den Fluss des Lötzinns zu erreichen. Ist an einer zu entlötenden Stelle zu viel Lötzinn vorhanden, so sollte zuerst einmal so viel Lötzinn wie möglich mit der Saugpumpe zu entfernen. Der Rest sollte dann wahlweise mit Entlötlitze oder mit der Saugpumpe entfernt werden.

- mögliche Risiken und Fehler

Dabei ist auch das Trägermaterial vor dem Entlöten einen Blick wert: Einfaches Pertinax (das braune Trägermaterial) oder Hartpapier hat eine schlechtere Haftung zur Kupfereauflageschicht und deshalb ist dort längerandauernde und höhere Temperatur zu vermeiden. Epoxydträgermaterial (meist entweder teiltransparent oder eher grünliche Färbung meist mit sichtbaren Fasern) hingegen hält zwar höhere Temperatur aus, weil die Haftung zwischen Kupfereauflage und Trägermaterial besser ist , aber auch hier ist Vorsicht geboten. Dies gilt in erster Linie für einseitiges oder zweiseitiges Material.

Schwierig hingegen wird es bei Platinen, die ab etwa 1984/85 hergestellt wurden. Ab dann wurden auch erste **Multilayer Platinen** gefertigt und Platinen aus der frühen Zeit derartiger Fertigung hatten nicht die Qualität, die heute auf dem Markt üblich sind. Dies bedeutet dass **bei längerer Zuführung von höherer Hitze zum einen sich die Durchkontaktierungshülsen lösen oder zumindest lockern können und dabei möglicherweise den Kontakt zu den Zwischenlagen verlieren können und zum anderen können bei längerer Zuführungen höherer Temperatur auch die Trennschichten zwischen den beiden Innenlagen wegschmelzen und zu Kurzschlüssen führen.**

Die bisherigen Ausführungen zeigen etliche Gründe auf, weshalb man also unbedingt zu hohe Temperaturen oder zu langes „braten“ an der Lötstelle unbedingt vermeiden soll – auch und besonders beim Entlöten, da naturgemäß gerade beim Entlöten die Einwirkzeit ohnehin schon deutlich länger ist, als beim Einlöten der Bauteile.

Beim Einlöten ist neben der korrekten Temperatur und kurzer aber ausreichender Dauer damit ein korrekter Lötfluss entsteht, auch die Wahl des geeigneten Lötmaterials sinnvoll. Das Material sollte nicht „überaltert“ sein, weil sonst das **Flussmittel im Kern** sich teilweise verflüchtigt hat und zweitens sollte die Stärke des Lötzinndrahtes möglichst passend gewählt werden, da dann sich das Lötmaterial besser dosieren lässt (bei zu dickem Lötzinndraht besteht die Gefahr zuviel abzuschmelzen und aus Versehen Lötbrücken zu erzeugen).

Eigentlich selbstverständlich aber trotzdem an dieser Stelle extra noch erwähnt: Lötzinn ist nicht immer gleich ! Es gibt einen deutlichen Unterschied zwischen Lötzinn für Elektronik und allgemeinem Lötzinn. Einfaches Lötzinn ist zwar billiger und wird eigentlich zum Weichlöten von Kupferrohren bei der Wasserinstallation verwendet enthält aber im Kern **kein Flussmittel** und darüber hinaus praktisch keinerlei leitenden Silberanteil. Man sollte also nur Material verwenden, dass wirklich für den Elektronikbereich gefertigt wurde – auch wenn dieses Material in der Anschaffung teurer ist.

F) richtiges Messen

Im Wesentlichen gliedern sich die Messungen in Retrosystemen in zwei grundsätzliche Typen von Messungen: **statische Messungen und dynamische Messungen**. Statische Messungen sind vor allem Messungen an Bauteilen selbst, um deren Werte zu ermitteln und um vorhandene Spannungen an den Bauelementen zu ermitteln oder - um Kurzschlüssen zu ermitteln.

Diese werden vorzugsweise mit einem Multimeter vorgenommen, wobei hier den **digitalen Multimetern** der Vorzug zu geben ist. Dies begründet sich in der Hochohmigkeit des Eingangs, wohingegen analoge Meßinstrumente den Nachteil aufweisen zum einen die Schaltung stärker zu belasten und zum anderen die Meßwerte wegen der eigenen niederohmigen Eingänge zu verfälschen. Allerdings sind niederohmige Analoge Meßinstrumente heute eigentlich kaum noch gebräuchlich.

Bei der heute üblichen digitalen Multimetern ist eine weite Streubreite hinsichtlich Qualität und Preis vorhanden. Zwar kann man heute schon für unter 20,00 Euro digitale Multimeter erwerben, wird aber bei derartig billigen Geräten erhebliche Einschränkungen hinsichtlich Qualität und der zur Verfügung stehenden Meßbereiche und Meßoptionen hinnehmen müssen. Billige Multimeter weisen oft nur einfache grobe Meßbereiche für Gleichspannung, Wechselspannung, Gleichstrom und Wechselstrom sowie Widerstand und einfacher Dioden und hfe-Messung (Verstärkungsfaktor) bei Transistoren auf. **Erst bei erheblich teureren Geräten kommen noch Meßbereiche für Induktion und Kapazität hinzu und auch erst bei teureren Geräten ist eine genügend hohe Meßsicherheit für Widerstände in Bereichen unter 10 Ohm gegeben.** Für derartige Multimeter müssen auch heute noch Beträge deutlich über 150 Euro ausgegeben werden.

Bei den dynamischen Messungen wird man im Regelfall ein Oscilloscope verwenden. Zwar werden im professionellen Bereich hier auch gelegentlich Digital-Analyzer mit 8 oder 16 Eingängen benutzt, diese dürften aber wegen der extrem hohen Anschaffungskosten im Hobbybereich wohl kaum benutzt werden.

Dabei können auch komplexere Messungen mit einem Oscilloscope durchaus machbar sein, wenn das Gerät über eine entsprechende Speichermöglichkeit verfügt. Als Richtwert für minimale Anforderungen sollte man aber bei einem Oscilloscope darauf achten, dass wenigstens folgende „Minimalwerte“ vorhanden sind:

Zwei Kanäle und mindestens 50 Mhz. Wenn man sich mit späteren Computern (ab Ende der 80er Jahre bzw. Beginn der 90er Jahre beschäftigt, so sollte der Frequenzbereich sogar mindestens **100 Mhz** aufweisen, da dann bereits schon so hohe Geschwindigkeiten auf den Daten- und Adressbussen auftreten, dass diese nicht mehr sauber auf dem Schirm dargestellt werden können.

Ferner sollte zur Grundausstattung mindestens neben dem normalen beiden Tastköpfen (je eins pro Kanal) auch noch **wenigstens ein 1:10 Tastkopf** vorhanden sein, um auch in den Stromversorgungen Messungen am Schaltnetzteil vornehmen zu können. Im Regelfall ist es auch sehr nützlich, wenn man ausser den regulären Tastköpfen auch noch über Meßkabel verfügt, die mit Messklemmen versehen sind, damit man auch Messungen vornehmen kann, bei denen man dann beide Hände frei hat.

Bei dynamischen Messungen geht es zunächst darum, in den meisten Fällen festzustellen, ob etwaige Kurzschlüsse oder offene Leitungen bzw. Leiterbahnunterbrechungen dazu führen, dass in bestimmten Bereichen der Schaltung etwa **eine Datenleitung oder eine Adressleitung** eine Fehlfunktion aufweist oder gar „tot“ ist. In den allermeisten Fällen genügen derartige Messungen, um defekte Chips aufzuspüren und um ein Computersystem wieder zum Laufen zu bringen.

Weitaus seltener kommen in älteren Systemen Fehler zum Tragen, die auf das fehlerhafte Laufzeitverhalten zurückzuführen sind, also Chips, **die entweder zu langsam oder zu schnell** in ihrem Schaltverhalten sind. Solche Fehler können aber regelmäßig nur mit Oscilloscopen aufgespürt werden, die auch noch über eine Speicherfunktion verfügen. Mit Geräten, die nicht über eine derartige Funktion verfügen, ist das Aufspüren solcher Fehler sonst nur mit viel Erfahrung möglich.

- typische Fehler beim Messen

Sowohl bei Messungen mit dem Multimeter als auch bei Messungen mit dem Oscilloscope ist **der häufigste begangene Fehler die falsche oder schlechte Auswahl des „Referenz“-punktes** (in den meisten Fällen also des Massepunktes). Dabei gilt: in alten Retrosystemen gibt es immer einen zentralen Massepunkt in der Nähe des Netzteiles oder am Punkt der Einspeisung der Spannungen in die Hauptplatine. Hier ist der beste Referenzpunkt. Es gilt: je weiter der Massepunkt an dem ich die Masse abgreife von jenem zentralen Massepunkt entfernt ist, desto schlechter ist dies für die Messung, da mit steigender Entfernung auch die Einstreuung von Störsignalen und Blindwiderständen sich erhöht.

Der zweithäufigste Fehler bei Messungen ist eine fehlende Sorgfalt bei der Vorbereitung der Messung – z.B. durch abgleiten von Mess-Spitzen bei denen dann ein Kurzschluss verursacht wird, der dann nicht selten noch weitere Schäden verursachen kann. Es ist also unbedingt darauf zu achten, dass die Messkabel bzw. die Messspitze sicher mit dem Meßpunkt verbunden sind und zum anderen ein versehentliches Verrutschen unterbunden wird. Gerade wenn man eigentlich seine Augen für beides braucht – dem Ablesen der Werte am Meßgerät und der Überwachung einer sauberen Probenahme an den Meßspitzen, sollte man also das Meßgerät so platzieren, dass dieses möglichst nahe am Platz der Messung liegt und man beides im Augenfeld hat oder man sollte vorzugsweise Meßkabel mit Meßklemmen verwenden, damit man den Blick vom Meßbereich entfernen kann - ohne dabei Schaden anzurichten. Gerade mit zunehmender Erfahrung schleichen sich hier oft leichtsinnige Fehler ein, die vermeidbare und nicht selten kostspielige Schäden verursachen.

Fast ebenso häufig ereignet sich der gerne und oft vorkommende Fehler, **dass man Messungen an Bauelementen mit einem Multimeter** (z.B. Widerständen oder Kondensatoren) **innerhalb einer Schaltung vornimmt und dabei ausser Acht lässt, dass dies zu eklatanten Fehlern führen kann, wenn andere Bauelemente parallel zum zu messenden Bauelement liegen.**

Widerstände, die z.B. parallel zu einer Diode liegen, weisen nur in einer Meßrichtung tatsächlich ihren tatsächlichen Widerstandswert aus, während in der anderen Meßrichtung (nämlich der Durchlaßrichtung der Diode) praktisch kein Widerstand gemessen wird. Dies trifft z.B. sehr häufig auf bei Widerständen, die zwischen Emitter und Basis eines Transistors geschaltet sind, da die Basis Emitterstrecke eines Transistors in eine Richtung (ähnhänglich ob es sich um einen PNP oder einen NPN Typ handelt) sich wie eine Diode benimmt. Ebenso kann man bei einem Kondensator völlig irritierende Werte ablesen, wenn sich parallel zum Kondensator durch Leiternbahnkapazitäten oder eine Spule /Drossel dessen tatsächlichen Werte verändern. Aus diesem Grund wird es sich oft bei widersprüchlichen Wertmessungen gegenüber dem Nennwert eines Bauelementes sich nicht vermeiden lassen, **wenigstens ein Ende des Bauelementes zu entlöten und dieses Ende anzuheben, damit es an einem Ende freisteht für eine korrekte Wertemessung.**

Von der Systematik her wird man im Regelfall bei Retrosystemen immer zuerst mit der Messung der vorhandenen Spannungen beginnen, dann im Regelfall mit der Sichtung des Systemoszillators und des dort erzeugten Systemtaktes fortfahren, um dann systematisch als nächsten die Signale der Datenleitungen am Datenbus und anschließend die Sichtung der Adressleitungen am Adressenbus direkt bei der CPU vorzunehmen. Im weiteren Verlauf wird man dann die Sichtung der Signale an dem Datenbus und Adressenbus direkt an den ROM's und anschließend direkt an den RAM-bänken vornehmen. Danach wird man im Regelfall das Signal der Videoausgabe rückwärts von der Videobuchse zurück zu den erzeugenden Chips verfolgen. Je nach Fehler im System wird man dann entsprechende Schnittstellenchips untersuchen.

G) Austausch von Bauelementen

Zumindest bei wirklich selteneren Geräten aus der Geschichte der Computer kommt neben den technischen Aspekten beim Austausch von Bauelementen zunehmend auch ein kommerzieller Aspekt hinzu. Bei solchen seltenen Exemplaren, die bereits schon einen erheblich höheren Wert auch als Handelsobjekte unter Sammlern besitzen, sollte man sich auch bewusst sein, dass es neben dem technischen Wert als funktionsfähiges System auch noch einen Wert hinsichtlich der Authentizität besitzt und dass dann der Austausch von alten obsoleten Bauelementen mit modernen Bauelementen zu erheblichen Abschlägen beim Wert des Gerätes (zumindest unter Sammlern) führen kann.

In solchen Fällen kann ein Gerät das tatsächlich noch authentisch ist (also noch vollständig jene Bauelemente aus der Fertigungszeit aufweist) einen Spitzenpreis unter Sammlern erzielen, wohingegen ein praktisch gleiches Gerät, das aber Bauelemente aus neuerer Zeit aufweist nur noch ein zehntel des Preises vom originalen Gerätes erzielt. Als Beispiel sei hier ein Apple II rev.0 zitiert, dass im originalen Zustand noch weit über 5000,00 Dollar erzielte, während ein schlecht restauriertes Gerät hingegen nur knapp über 500,00 U.S. Dollar erbrachte. Dabei sei hier ausdrücklich angemerkt, dass solche Sammlerpreise **in erster Linie Geräte betrifft, die vor 1981 gefertigt wurden und die noch in relativ geringen Stückzahlen produziert wurden** – also nicht vergleichbar sind zu Systemen die später in den Mitte der 80'er Jahren in Millionenstückzahlen hergestellt wurden.

Dies kann unter Umständen auch den Austausch von Logikchips betreffen, die im Bestückungsaufdruck auch einen sogenannten „Datecode“ haben, also genau ausweisen, in welcher Kurzwoche welchen Jahres sie gefertigt wurden. Derartige Datecodes sind unter anderem auch auf größeren Elektrolytkondensatoren und einigen weiteren Bauelementen verfügbar.

- Auswahl von Ersatztypen

Ansonsten gelten beim Austausch von Bauelementen im wesentlichen natürlich die technischen Aspekte, wobei im Grundsatz gilt, dass immer nur gleiche oder stärkere Bauelemente gleiche oder schwächere ersetzen dürfen: Ein 0,5 Watt Widerstand darf nur ebenfalls mit einem 0,5 Watt Typ oder nötigenfalls mit einem 1 Watt Typ ersetzt werden – wohingegen ein 0,33 Watt Typ oder gar ein 0,25 Watt Typ immer ein erhebliches Risiko beinhaltet, dass er nicht die gestellte Aufgabe erfüllen kann, also Gefahr läuft „abzufackeln“, weil an ihm eine höhere Spannung abfällt und somit eine höhere Verlustleistung auftritt, als er verkraften kann.

Ähnliches gilt auch für Kondensatoren und man sollte in solchen Fällen oft auch noch mal einen Blick in den Schaltplan werfen, um die Funktion zu prüfen. Ein Kondensator, der in der Schaltung als frequenzbestimmendes Element funktioniert, darf immer nur mit einem Kondensator des exakt gleichen Wertes ersetzt werden, wenn man sicherstellen will dass der Schwingkreis im definierten Rahmen bleiben soll. Gleiches gilt auch für einen Kondensator in einem Filterkreis.

Ein siebender Elektrolytkondensator hingegen kann relativ oft auch gegen einen größeren Kondensator ersetzt werden, z.B. 2200 μF kann oft auch gegen einen, mit einem Wert von 3300 μF ersetzt werden. Allerdings gelten bei der Spannungsfestigkeit gewisse Einschränkungen: Ein 6 Volt Typ kann oft gegen einen 10 Volt Typ oder 16 Volt Typ getauscht werden, aber zu große Abweichungen können für benachbarte Bauelemente auch Risiken bergen – z.B. sollte man es unbedingt vermeiden Kondensatoren mit einer Spannungsfestigkeit von 25 Volt gegen jene mit 35 Volt oder 40 Volt auszutauschen, wenn in deren Nähe Chips sind, die nur eine maximale Spannungsfestigkeit von 35 Volt aufweisen. In ungünstigen Fällen können sich solche Kondensatoren nämlich bis zur maximal möglichen Grenze aufladen und damit die zulässige Höchstspannung an den Chips überschreiten und diese „abschießen“.

Man sollte also beim Austausch immer auch kurz eine Abwägung gegenüber einem möglichen „worst case“ Szenario treffen.

Ähnliches gilt auch für eine Gruppe von Blockkondensatoren. Wenn innerhalb einer solchen Gruppe von mehreren 100 nF Typen plötzlich ein 120nF Typ eingesetzt wird, so kann dieser zwar sicherlich die zuge dachte Blockfunktion erfüllen – aber seinerseits wegen seiner Abweichung von den Übrigen der Gruppe **zu ungewollten Interferenzen** (und damit zu unerwünschten Störsignalen – z.B. Spikes) führen.

Auch bei Logikchips gelten ähnliche Einschränkungen. Zwar kann man generell sagen, dass man immer einen Logikchip mit einem jeweils schnelleren Ersatztypen ersetzen kann – also ein 74F02 wird regelmäßig auch als Ersatz für einen 74LS02 dienen können (was auch besonders für Speicherchips gilt), aber ansonsten sollte man auch immer einen kurzen Blick in die Datenblätter der jeweiligen Chips werfen. So kann man generell einen Chip aus der Shottky-reihe also z.B. einen 74S04 mit einem Chip aus der Lowpower Shottky-reihe also einem 74LS04 ersetzen. Aber wegen des geringeren Stromverbrauchs hat der LS-typ den Nachteil, dass er ein geringeres „**Fanout**“ besitzt – also an dem Ausgang des Gatters nicht so viele nachfolgende Eingangsgatter sich befinden dürfen. Wird diese Zahl an Folgegattern überschritten, so können zwei Effekte auftreten: erstens **die Ausgangsspannung bricht entweder zusammen** und erreicht nicht mehr ihre „Soll“-werte **oder die Verlustleistung am Chip erhöht sich dramatisch** und der Chip brennt durch – oder beides tritt ein.

Ein weiterer eher weniger bekanntes Prinzip gilt auch: Man kann oft Chips aus der regulären Fertigung also einen 74LS74 z.B. durch einen 54LS74 ersetzen. Die Chips aus der 54´er Reihe sind nämlich meist absolut identisch mit den Chips der 74´er Reihe mit einem Unterschied: die 74´er Reihe ist für die **zivile Nutzung** - wohingegen **die 54´er Reihe für den Einsatz im militärischen Bereich vorgesehen war**. Dies bedeutet, dass die militärischen Varianten ihren zivilen Verwandten oft hinsichtlich des zulässigen Bereichs von Temperatur und Grenzspannung überlegen sind, weil diese für weitaus „robustere“ Anwendungen (z.B. in Panzern, Schiffen, Jets oder der Raumfahrt) vorgesehen sind.

Allerdings gilt auch hier – genauso wie bei den zivilen Chips: man kann **keine Chips der regulären Logikreihe mit Chips aus der CMOS-Reihe problemlos ersetzen**. Es ist eher der Ausnahmefall. Wenn man also einen 74S05 mit einem 74C05 ersetzt, so kann im seltenen Einzelfällen dies funktionieren – allerdings im normalen Regelfall wird ein solcher Austausch zum Scheitern verurteilt sein.

Davon abgesehen, taucht gerade bei CMOS-Bauteilen regelmäßig das Problem falscher Handhabung auf. Wenn solche Bauteile falsch gelagert wurden, also nicht auf einer Antistatiktmatte oder in einem Antistatikbehälter oder Antistatiktüte – so sollte man eher damit rechnen, dass man

vor sich ein defektes Bauteil hat, dass bereits schon vor geraumer Zeit durch Entladung zerstört wurde. Dies gilt auch regelmäßig bei älteren Bauelementen, bei denen man nicht selbst vom Kauf im Laden bis zur Lagerung im eigenen Bestand sicher die korrekte Lagerung gewährleisten konnte.

Dies gilt besonders für CPU's und Speicherchips!

Hier kommt auch ein weiterer Aspekt beim Kauf eines LötKolbens zum tragen: Nicht alle LötKolben sind an der Lötspitze „**potentialfrei**“ – dies gilt besonders bei unregulierten LötKolben und bei billigeren temperaturgeregelten Exemplaren auf. Man sollte also beim Kauf unbedingt auf „**potentailfreie**“ **Lötspitzen** achten, wenn man nicht riskieren will, schon beim Einlöten seine Chips zu zerstören.

Beim Austausch von Transformatoren im Netzversorgungsbereich sollte man unbedingt darauf achten, dass ein Austauschtyp unbedingt die gleichen Werte in Sekundärbereich aufweist. Oft sind die Netzteile so dimensioniert/kalkuliert, dass die im Regelbereich arbeitenden Bauelemente für genau diesen Arbeitsbereich vorgesehene Verlustleistung verkraften (also entsprechend dimensionierte Kühlkörper und Bauelemente mit entsprechend kalkulierter Verlustleistung). Wenn dann in einem solchen Fall ein Transformator **eine höhere Sekundärleistung** erbringt (also beim 5 Volt Zweig statt der vorgesehenen 6,5 Volt AC eine Sekundärspannung von 8 Volt oder 9 Volt AC), so kann sich ganz schnell die Verlustleistung **von vorgesehenen 35 Watt auf 70 Watt oder mehr verdoppeln oder sogar noch weiter erhöhen** und **die vorgesehenen Kühlflächen vermögen dann nicht mehr die anfallende Wärme an die Umgebung korrekt abzuführen** und es kommt zur Überhitzung und zum Ausfall der regelnden Elemente.

Auf der anderen Seite sollten aber die Transformatoren hinsichtlich der abzugebenden Stromstärke auf der Sekundärseite immer mindestens den gleichen Wert, wie das zu ersetzende Teil aufweisen. **Bei unterdimensionierten Transformatoren besteht sonst die Gefahr dass diese wegen der zu hohen Abgabeleistung „heiß laufen“** also intern überhitzen und es dann innerhalb der Transformatorwickelungen zu Kurzschlüssen kommt, weil der Lack der Kupferisolierung schmilzt. Ein korrekt dimensionierter Transformator wird immer mit seiner Betriebstemperatur unter 45 Grad Celsius bleiben. Liegt die Temperatur höher, so stellt dies immer ein Risiko dar.