Umbau *LaserJet 4P* von 110 V auf 230 V

Henrik Haftmann, TU Chemnitz

31.08.2000

Umbau *LaserJet 4P* von 110 V auf 230 V

Der Umbau ist, bedingt durch die Lage und Konstruktion des Netzteils relativ kompliziert, aber dennoch lohnenswert gegenüber der Lösung mit einem externen Transformator.

Beschreibung des Netzteils

Bei diesem Laserdrucker befindet sich das Netzteil auf einer großen Leiterplatte, die sich zwischen Papierfach und Druckwerk befindet.
Die Heizung für die Fixiereinheit am hinteren Geräteteil besteht aus einer Art Halogenstablampe und wird direkt aus der Netzspannung gespeist. Die Zuschaltung erfolgt mittels Triac und einem speziellen Optokopper. Der Heizstab ist somit auf 110 V festgelegt. Sein Kaltwiderstand beträgt 28 Ω, dies führt bei 110 V zu einer Stromaufnahme von ca. 4 A und einer Leistung von 440 W. Die tatsächliche Leistung dürfte kleiner sein (Kaltleiter); außerdem könnte die Temperatur geregelt werden (je nach Papierdicke).
Alle anderen Schaltungsteile werden über ein Schaltnetzteil mit 5 V und 12 V versorgt, so auch der Transverter zur elektrostatischen Aufladung der Belichtungstrommel in der Tonerkartridge. Das Schaltnetzteil ist hier als Durchflusswandler ausgelegt (im Gegensatz zu den sonst üblichen Sperrwandlern, die nur eine Induktivität benötigen), und verwendet als Ansteuerschaltkreis einen M51995P von Mitsubishi[1]. Dieser Wandler ist in seiner Dimensionierung ebenfalls auf 110 V abgestimmt. Auch die Leiterplatte trägt einen entsprechenden Aufdruck, sodass für die 230-V-Variante wohl eine andere Leiterplatte (oder zumindest ein anderer Bestückungsdruck) zum Einsatz kommt.

Motivation, Pro und Kontra

Würde man einen Vorschalttrafo verwenden, wäre dieser für eine Leistung von 500 W auszulegen. Abgesehen davon, dass seine Beschaffung recht schwierig ist, ist er doch ein schwerer Batzen, der irgendwo in der Zimmerecke liegt und auch ausgeschaltet werden muss. In das Gerät jedenfalls passt er jedenfalls nicht mehr herein.
Ein „Mittelweg“ wäre die Verwendung eines 230-V-Heizstabs (HP-Ersatzteil) und eines 50-W-Vorschalttrafos nur für den „Rest“, also das Schaltnetzteil. Mit etwas Glück könnte dieser sogar mit ins Gehäuse passen, ansonsten müsste am Drucker eine Buchse angebaut werden, wo dieser Trafo angesteckt wird.
Wenn man aber schon soweit ist, kann man ja auch noch das Schaltnetzteil umdimensionieren. Die Transistor-Einschaltzeiten müssen halbiert werden, um Kernsättigung zu verhindern; alles andere erledigt die Regelschaltung und die vorhandene Überdimensionierung sekundärseitiger Bauelemente. Der Schaltnetzteilschaltkreis ist mit einer großen Anzahl von Sicherungen ausgestattet und beschaltet; für den Rest des Druckers besteht deshalb kaum Gefahr. Übrigens hätten jene Sicherungen auch dafür gesorgt, dass der Drucker einen fälschlichen Anschluss an 220 V zunächst schadlos übersteht; bei längerem Anschluss besteht jedoch akute Gefahr des Berstens des Ladeelkos! (Mit Krachen, Stinken, Qualmen, und einer total verkeimten, aber ansonsten heilen Netzteilplatine.)
Um den Kauf eines neuen Heizstabes zu sparen, ist es außerdem möglich, eine Schaltung hinzuzusetzen, die nur ein Viertel der Leistung passieren lässt, um die gleiche Leistung wie bei 110 V zu erreichen. Am günstigsten bezüglich HF-Störungen ist es, jede vierte Halbwelle der Netzwechselspannung durchzulassen. Die thermische Trägheit des Heizstabes sollte genügen, um die 25-Hz-Stromstöße zu glätten. Von Nachteil ist die Beeinflussung des Stromnetzes mit impulsartigen Spitzen von 1600 W (z. B. Flackern der Raumbeleuchtung) und einer Gleichkomponente. Die Variante Phasenanschnitt bei 113 ° für 1/4 Leistung hätte diese Nachteile nicht, aber versagt, wenn der Drucker ebenfalls die Phase anschneidet (was er offenbar *nicht* tut).

Der Umbau

Aufgebaut wurde für den Heizstab eine Schaltung auf Lochrasterplatte für die Ansteuerung des Heizstabes mit jeder vierten Halbwelle, wie dies bereits bei einem japanischen Reiskocher[2] erfolgreich praktiziert wurde. Am Schaltnetzteil wurden einige Bauelemente umdimensioniert sowie zwei Bauteile „fliegend" dazugesetzt.

Folgende Bauelemente werden benötigt (und befanden sich beim Autor in der Bastelkiste):
Für die „Reiskocher-Steuerung":

- Feinsicherung 5 A / 250 V träge,
- Thyristor 12 A, 600 V (Farnell: BT152-500R, 362-578, DM 1,80)
- CMOS-Schaltkreis CD4013B (2 D-Flip-Flop),
- Hochvolt-MOS-Transistor 100 mA / 600 V (Farnell: ZVN0545A, 352-860, DM 2,14),
- Widerstand 100 kΩ / 0,5 W,
- Diode 0,1 A / 600 V (langsam),
- Z-Diode 12 V (Kleinleistung),
- Elko 2,2 µF / 16 V,
- Widerstand 2,2 MΩ (Kleinleistung),
- Kondensator 47 pF.

Für die Phasenanschnittsteuerung als Alternative zur komplizierten, aber abgleichfreien „Reiskocher-Steuerung":

- Diac 30V (Farnell: DB-3, 363-509, DM 0,39)
- Widerstand 100 kΩ
- Einstellregler 100 kΩ
- Kondensator 330 nF / 63 V

Fürs Schaltnetzteil:

- Feinsicherung 1,5 A / 250 V träge,
- Elko 150 µF / 400 V, radial, 30 mm Durchmesser, 25 mm Höhe (Farnell: B43501-B9157-M, 400-5090, DM 9,62), *oder* zur Not:
- irgendein Elko 470 µF / 200 V und zwei Widerstände 220 kΩ,
- Widerstand 4,7 kΩ,
- Widerstand 220 kΩ / ¼ W,
- Z-Diode 20 V / 1 W,
- Elko 22 µF / 40 V.

Als Hilfsmittel werden benötigt:

- Kreuzschlitz-Schraubendreher Größe 2 (magnetisch),
- Folienschreiber,
- 2 oder mehr Montierhebel (z. B. große Schlitz-Schraubendreher oder flache Holzkeile)
- Glühlampe 220 V,
- Oszilloskop (sehr hilfreich; zur Not geht es auch ohne),
- Multimeter (zur Spannungsmessung)

Der Umbau besteht aus folgenden Schritten:

- Demontage des Druckers bis zur Netzteil-Leiterplatte
- Auf- und Einbau Schaltung für Heizstab
- Modifikation des Schaltnetzteils
- Montage des Druckers

Demontage des Druckers

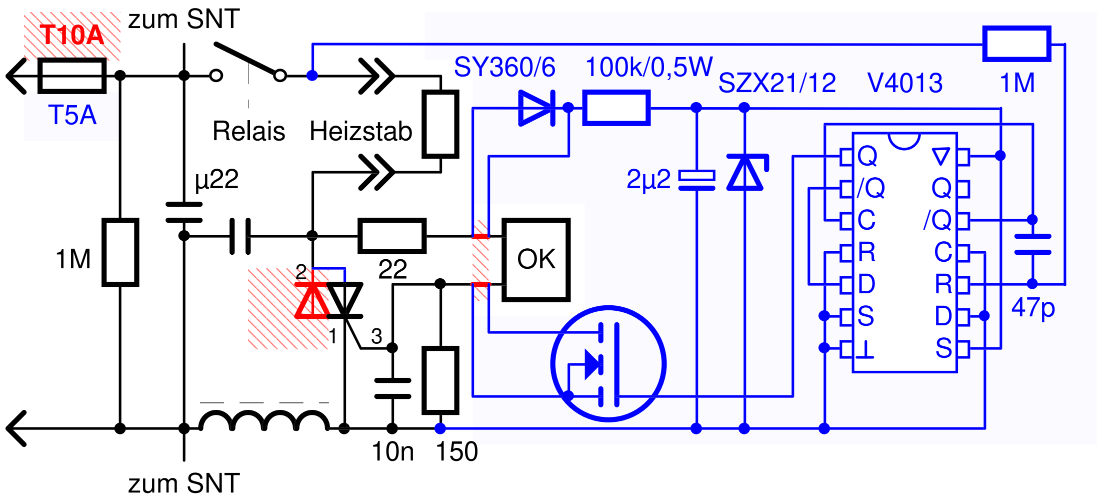
Um an die entscheidende Leiterplatte heranzukommen, ist eine Menge auseinanderzunehmen. Es empfiehlt sich, mit dem Folienschreiber die Schrauben in der Reihenfolge ihres Herausdrehens zu nummerieren. (Natürlich kann man mehreren Schrauben, deren Reihenfolge egal ist, die gleiche Nummer geben.) Zum Glück muss man keine Zahnradgetriebe o. ä. demontieren.
Das Papierfach wird entnommen, und der Toner-Deckel mit dem Knopf rechts geöffnet. Oben werden 4 große und eine kleine Schraube herausgedreht, vorn eine kleine Schraube rechts.
Der RAM-Deckel links wird durch Druck nach unten ausgerastet und entfernt, und der Papierausgang hinten heruntergeklappt. Der unter dem RAM-Deckel befindliche Stecker wird gezogen (Verbindung zur Bedieneinheit).
Ein schwieriger Arbeitsgang ist das Öffnen des Gehäuses wegen der vielen Snap-In-Verbindungen. Die Rastnasen vorn und hinten sowie an den Seiten müssen quasi gleichzeitig betätigt werden, um das weiße Gehäuse nach oben wegnehmen zu können. Dabei muss die rechte Gehäuseseite über den Netzschalter gezogen werden.
Von links aus wird die Mikrocontroller-Leiterplatte abgeschraubt, wobei auch die vier Schrauben an den Buchsenleisten zu lösen sind. Zur Mitte hin ist diese Leiterplatte mit einem Steckverbinder kontaktiert, der nicht entriegelt werden muss (einfach abziehen).
Von rechts aus wird das Blech mit der Netzbuchse und dem Schalter gelöst, wobei auch eine tieferliegende Schraube nicht übersehen werden darf. Ebenfalls einfach abziehen.
Nun wird das Druckerchassis herumgedreht und auf den Kopf gelegt. Alle Schrauben, die mit dem Bodenblech in Verbindung stehen, werden abgeschraubt, sowie zwei Schrauben an der runden Kante.
Die Baugruppe (Blech und Plaste) wird an der runden Kante 5 cm hochgezogen und nach vorn herausgezogen. Dabei sollte ein Plasteteil (Papierfühler) herausfallen, nicht vergessen beim Einbau!
Jetzt erst kommt die Netzteilplatine zum Vorschein, die sich auf der anderen Seite in dieser Baugruppe versteckte.
Das übrige Druckerchassis kann nun erst mal weggestellt werden. Der auffällige Elektromagnet wird abgeschraubt, die Plasteabdeckung mit den drei Federkontakten abgenommen (Snap-In, in der Nähe des Ladeelkos) und die Leiterplatte aus den Snap-In-Haltern gelöst.

Schaltung für Heizstab

Die Schaltung ist nicht erforderlich, wenn man sich statt dessen für den Kauf eines 230-V-Heizstabes entscheidet. Wie dieser jedoch montiert wird, wurde nicht untersucht.
In der Nähe der Netzanschlussbuchse befindet sich der vollisolierte Triac BCR8PM12L (600 V / 8 A) auf Kühlblech sowie der Optokoppler S21MD4V (600 V schaltbare Wechselspannung).
Der Triac wird ausgelötet (er bleibt übrig), und stattdessen der Thyristor eingebaut. Falls dieser mit dem Kühlblech im elektrischen Kontakt steht, muss die Masseverbindung des Kühlblechs (Leiterzug) durchgetrennt werden. Die Lochrasterplatte wurde so angefertigt, dass sie im Kühlblech Platz findet und mit derselben Schraube wie der Thyristor mittels Abstandsröllchen befestigt wird, aber auch eine fliegende Verdrahtung mit einem irgendwo rücklings aufgeklebten 4013 ist denkbar.

Die beiden Brücken zum Optokopper werden entfernt; die Lötaugen dienen als Anschlusspunkte für die Schaltung.

Schaltplan:



Im Schaltplan ist in Schwarz und Rot die vorhandene Schaltung abgebildet. Hinzuzufügende Schaltungsteile sind **blau** sowie blau unterlegt, zu entfernende **rot** dargestellt und schräggestreift unterlegt.

Beschreibung:

Die Schaltung bewirkt eine 2:1-Teilung der Netzfrequenz und die Zündung des Thyristors zu jeder vierten Halbwelle, ergo jeder zweiten positiven Halbwelle.
Die Detektierung des Nulldurchgangs erfolgt über den 1-MΩ-Widerstand (rechts oben) und dem rechten Flip-Flop des 4013, der nur als nichtinvertierender Verstärker arbeitet. Die Spannungsbegrenzung erfolgt durch die integrierten Gateschutzdioden. Mit dem Kondensator 47 pF erfolgt eine Mitkopplung und damit eine Flankenversteilerung im Umschaltpunkt zur Unterdrückung von Schwingneigung. Das Ausgangssignal dieses Triggers gelangt auf den als Frequenzteiler beschalteten linken Flip-Flop. Jener Ausgang wiederum treibt das Gate des Hochvolt-MOSFET-Transistors, der den Zündstrom über den Optokoppler für je eine Vollwelle entweder freigibt oder sperrt. Die Ansteuerschaltung arbeitet so ohne statische Stromaufnahme.
Die Stromversorgung erfolgt über die Diode, die gleichzeitig negative Spannungen am Drain des MOSFET verhindert, und den Vorwiderstand 100 kΩ, zu jeder positiven und *ungezündeten* Halbwelle, und ist in dieser Dimensionierung ausreichend. Die Strompulse pumpen den Elko auf 12 V auf, und die parallelgeschaltete Z-Diode leitet überschüssigen Strom ab.

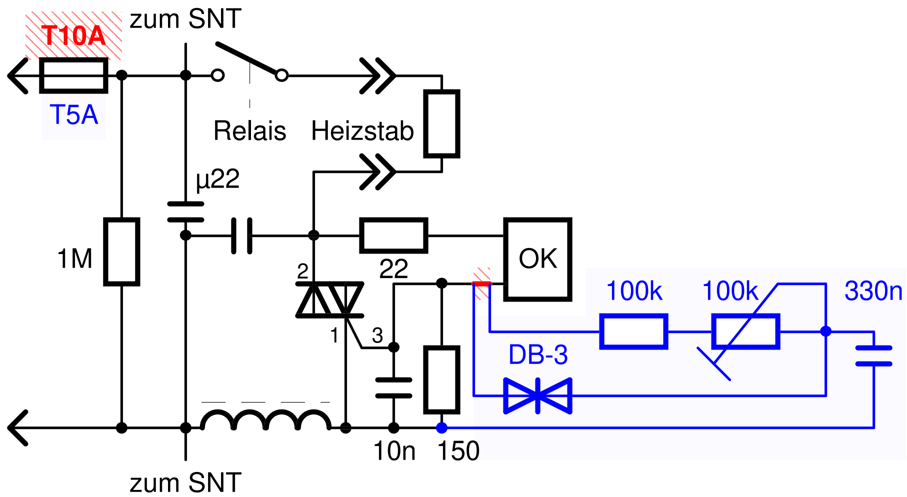
Test:

Die 2,5-A-Sicherung ist herauszunehmen, um das Schaltnetzteil abzuklemmen. An den Anschlüssen für den Heizstab wird die Glühlampe angelötet, und der Optokoppler wird überbrückt. Die Netzspannung wird über das Netzanschlussblech zugeführt (Diesen Teil an der Tischvorderkante herunterhängen lassen, oder die Leiterplatte auf ein dickes Buch legen). Einschalten. Die Lampe muss sofort deutlich und mit auf Dauer augenschmerzenden 25 Hz flackern. Geringes Flackern deutet auf 50 Hz hin (Dauerzündung), leuchtet sie nicht, fehlt wahrscheinlich der Zündstrom ganz. Fehlersuche mit Multimeter oder besser Oszilloskop; dazu Stecker so polen, dass die Schaltung auf Nullpotenzial kommt (Phasenprüfer).
Wenn alles OK ist, die Feinsicherung 5 A statt der 10-A-Sicherung einsetzen (Leiterplattenbeschriftung ändern!) und nochmals prüfen.

Alternative Schaltung: Phasenanschnitt (ungetestet)

Diese wesentlich einfachere Schaltung ist für den Bastler mit Oszilloskop besser geeignet.

Schaltplan:



Genauso wie im vorhergehenden ist auch in diesem Schaltplan in Schwarz und Rot die vorhandene Schaltung dargestellt. Hinzuzufügende Schaltungsteile sind **blau**, zu entfernende **rot** dargestellt.

Beschreibung:

Diese Schaltung stellt eine gewöhnliche Dimmerschaltung dar, wie sie auch in Lichtstellern verwendet wird. Der Zündzeitpunkt wird mit dem Einstellregler auf 113 ° (ca. 6,3 ms nach Nulldurchgang) festgelegt. Der Diac ist ein Zweirichtungs-Triggerbauelement mit einer Zündspannung von ca. 30 V; beim Überschreiten dieser Spannung am Kondensator wird dieser schlagartig über den Diac in das Gate des Triac entladen, und dieser zündet.

Test:

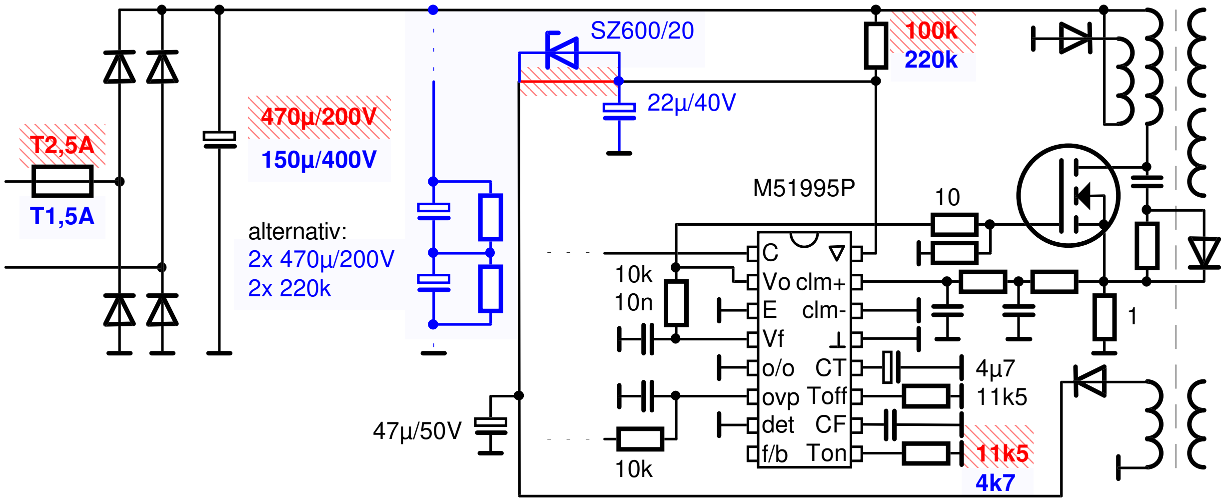
Der Test erfolgt wie oben angegeben; der Zündzeitpunkt wird mittels Oszilloskop eingestellt. Hierbei darf die Lampe jedoch *nicht* flackern.

Modifikation Schaltnetzteil

Obwohl es viel schwieriger war, hier eine Lösung zu finden, sind die Modifikationen wesentlich einfacher. Knifflig ist bestenfalls die Beschaffung eines elektrisch und mechanisch passenden Elkos; beim Autor wurde der vorhandene Elko mit einem anderen wertgleichen in Reihe geschaltet und mit zwei Drähten „nach außen" in einen Freiraum am Druckerchassis rechts versetzt. (Was im Drucker ist, sieht ja nach dem Schließen des Gehäuses niemand.)
Das Schaltnetzteil befindet sich vor dem Hochfrequenztransformator, am Kühlkörper mit dem Power-MOSFET 2SK1341 (900 V / 6 A). Der Transistor ist recht reichlich dimensioniert, deshalb kann er dort bleiben. Der große Ladeelko hat jedoch nur 200 V und muss unbedingt ausgetauscht werden. Der Widerstand am Pin 9 des Schaltkreises M51995P wird durch 4,7 kΩ ersetzt (kürzere Einschaltzeiten), und der 100-kΩ-Anlaufwiderstand durch 220 kΩ ausgetauscht (für gleichen Anlaufstrom; leider doppelte Betriebsverlustleitung).
Der Leiterzug zwischen Ladeelko und Schaltungsrest (Richtung Schaltkreis) wird getrennt, 4 kleine Löcher gebohrt und die Z-Diode 20 V und der Elko 22 µF bestückt. Diese beiden Bauelemente sind nötig, da die Hilfsspannung aus dem Trafo im Gegensatz zum Sperrwandler

proportional zur Netzspannung ist, und mit dieser Überspannung der Schaltkreis in den Shutdown-Modus verfällt.

Schaltplan:



Auch hier gilt: Farbzuordnung wie immer.

Beschreibung:

Die Z-Diode verheizt die überschüssige Spannung aus der Hilfsspannungswicklung, und der Elko 22 µF kompensiert die Innenwiderstandserhöhung der Hilfsstromversorgung. Alle anderen Bauelemente werden nur für die höhere Spannung umdimensioniert. Die Z-Diode darf 18..24 V Z-Spannung aufweisen. Für ausreichend Kühlung sorgt das klobige Gehäuse der SZ600-Reihe, bei anderen Bauformen muss ggf. ein Kühlblech dazugebaut werden.
Vor allen Lötarbeiten warten, bis sich der Ladeelko genügend (< 50 V) entladen hat, um unliebsame Überraschungen zu vermeiden!

Test:

Sicherung 1,5 A einsetzen, Netzanschluss-Blechteil ansetzen, einschalten. Nach einiger Zeit (3..7 s) müsste ein Relais klicken (im Einschaltmoment des Schaltnetzteils). Spannung 5 V (Sekundärseite) überprüfen. Kommt diese nicht zustande, oder verschwindet sie nach kurzer Zeit, muss nach dem Fehler gesucht werden (z. B. Z-Diode verkehrtherum). Nach ca. 1 Minute ausschalten und „schnuppern“, ob es zu heiße Bauelemente gibt. Temperatur der Z-Diode prüfen (mit Finger rechts, linke Hand in die Hosentasche! Der Ladeelko braucht mehr als eine Minute zum Entladen!) Zum Ausschalten genügt der Drucker-Netzschalter, da er zweipolig schaltet.

Zusammenbau

Der Zusammenbau erfolgt in umgekehrter Reihenfolge zur Demontage; natürlich sollte dabei kein Teil übrigbleiben. Beim Einbau der Netzteil-Baugruppe nicht den Elektromagneten und den Papierfühler vergessen!
Außerdem lässt sich die Macke abstellen, dass der Drucker bei (fast) leerem Papierfach bei geringster Erschütterung quietscht: Ursache ist der gelbe Fühlhebel für die Leeranzeige an der Vorderfront, der am Blech reibt. Das Blech wird hochgeklappt, indem vorher die Papierecke vorn links ausgerastet wird. An die Unterseite des Blechs wird ein Stück Tesafilm geklebt, und das lästige Geräusch verschwindet.
Zur RAM-Aufstockung können gewöhnliche PS/2-Module, z. B. aus alten PCs, Verwendung finden; getestet wurde ein 4-MB-Modul. Die Grundausstattung des Druckers ist 2 MB.

Die Zeit zwischen Einschalten des Druckers und dem „Hochfahren“ (Anzeige, Lüftergeräusch) ist etwas länger als vor dem Umbau am 110-V-Netz. Davon sollte man sich nicht irritieren lassen. Schließlich erfolgt per Bordbedienung ein Selbsttest mit Ausdruck einer Testseite, auf der auch die Größe des RAM steht.

Literatur

[1] M51995AP/FP (PDF-Datei), fragen Sie Ihre Lieblingssuchmaschine nach „M51995“ UND „PDF“, und landen Sie bei MITSUBISHI (Dig./Ana. INTERFACE)

[2] „Reiskocher-Steuerung“, Mike Hoffmann

Henrik Haftmann, Chemnitz, den 31.08.2000