



## Intelligente 3-Kanal-Temperaturregelung für PWM-Lüfter

Die PLS 100 ist eine intelligente und komfortable Lüftersteuerung für bis zu 3 PWM-Lüfter nach Intel-Spezifikation. Sie realisiert eine für jeden Lüfter getrennt programmierbare Zweipunkt-Regelung mit individuell einstellbaren Grenztemperaturen sowie eine akustische Alarmgabe bei blockiertem Lüfter. Das Display der Steuerung dient neben der Programmierung auch der Anzeige aktueller Temperaturen an den Messpunkten sowie der Lüfterdrehzahlen.

### Technische Daten: PLS 100

Anzahl anschließbarer Lüfter:	1–3
Anschließbarer Lüfertyp:	PWM-Lüfter mit 4-pol. Stecker
Stromaufnahme pro Lüfter:	max. 0,8 A (insgesamt 2,5 A)
Temperatur-Messbereich:	0–100 °C
Auflösung:	0,1 °C
Anzeigeelement:	LCD für Temperatur und Umdrehung/Minute
Bedienelemente:	4 Taster
Speichern der Einstellungen:	dauerhaft im EEPROM
Betriebsspannung:	12 V <sub>dc</sub> ±5 %
Stromaufnahme ohne Lüfter:	<50 mA
Kabellänge des Temperatursensors:	3 m
Abmessung der bestückten Platine (B x H x T):	122 x 38 x 20 mm

### Intelligente Lüfter – intelligente Steuerung

Seit 2004 gibt es eine neue, interessante Lüftergeneration – die von Intel spezifizierten PWM-Lüfter. Die Spezialität dieser Lüfter ist die direkt im Motor integrierte Drehzahlregelung und die dazugehörige Leistungselektronik. Mittels eines

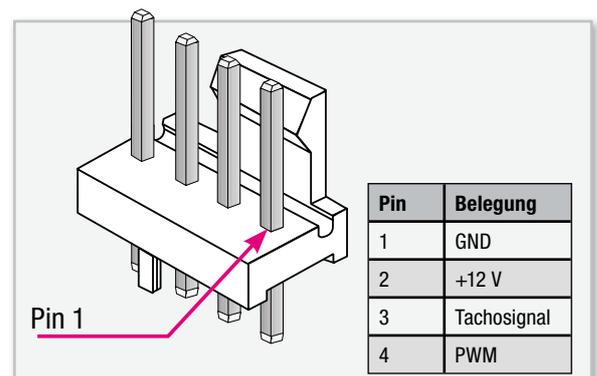
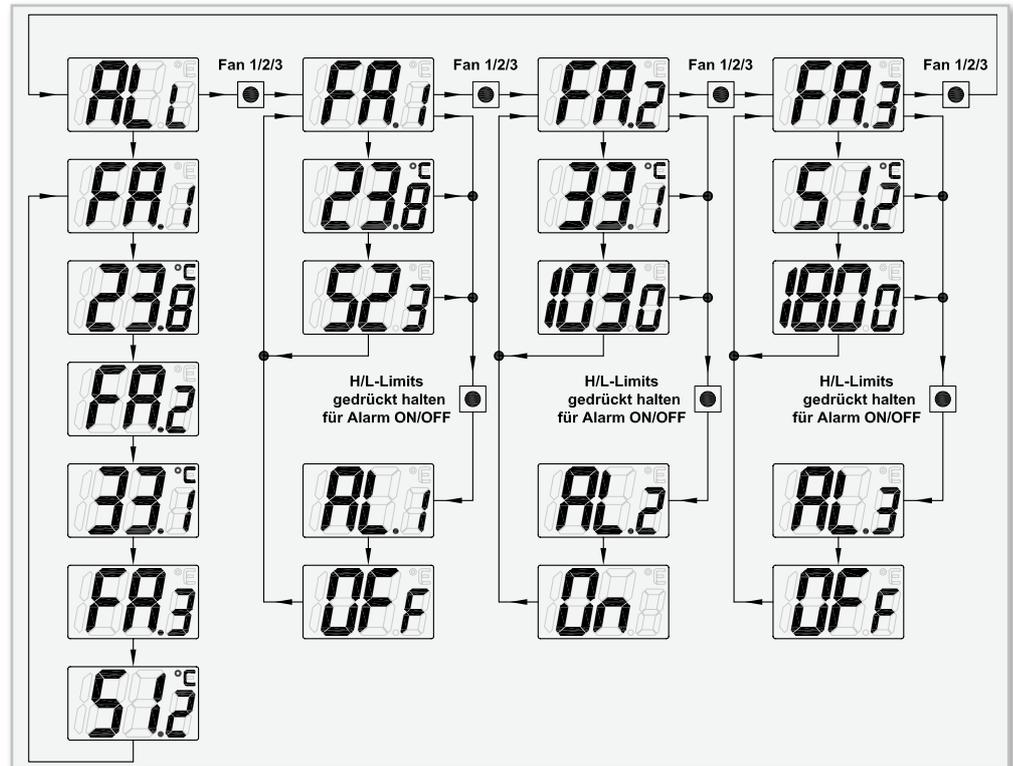


Bild 1: Die 4-polige PWM-Lüfter-Schnittstelle und deren Belegung

Bild 2: Das Bedienschema der PLS100



PWM-Signale können die Lüfter stufenlos gesteuert werden. Zusätzlich stellen diese Lüfter ein Tachosignal bereit und laufen nach einer Blockierung des Rotors automatisch wieder an. Da der Markt inzwischen eine breite Auswahl an guten, leisen und zudem sehr preiswerten Lüftern dieser Art anbietet, liegt es nahe, diese auch für andere Anwendungen nutzbar zu machen. So entstand die Lüftersteuerung PLS 100, die drei dieser Lüfter separat steuern kann.

Gerade ältere PCs mit unregelmäßigem Lüfterbetrieb sind mit dieser Lüftersteuerung samt PWM-Lüftern einfach nachrüstbar, diese kühlen dann die Hardware nach tatsächlichem Bedarf. Zudem werden dem Anwender auf dem Display die 3 Temperaturen und die Lüfterdrehzahlen in 4 einstellbaren Modi angezeigt.

Bleibt ein Lüfter stehen, so wird durch die Lüftersteuerung sofort ein Alarmton ausgegeben und das Wiederanlaufen des Lüfters durch eine entsprechend höhere Drehzahlvorgabe unterstützt.

Resultat einer solchen Nachrüstung: Der Rechner arbeitet in den meisten Betriebsphasen deutlich leiser, die Gesamt-Leistungsaufnahme und damit der Stromverbrauch sinken.

### Die Intel-PWM-Spezifikation

Um die Lüfterleistung stufenlos vorgeben zu können, ohne eine zusätzliche Leistungselektronik ins Motherboard integrieren zu müssen, hat Intel 2004 eine neue Schnittstelle für PC-Lüfter vorgestellt. Dabei handelt es sich um die in Abbildung 1 gezeigte 4-polige Schnittstelle, die neben der 12-V-Versorgungsspannung eine Tacho-Signalleitung und eine Steuerleitung enthält. Über diese Steuerleitung wird ein Rechtecksignal mit einer Frequenz von 25 kHz und einem variablen Puls-Pause-Verhältnis zum Lüfter übertragen. Der Lüfter passt seine Leistung diesem Verhältnis in einem Bereich von 20 bis 100 % an. Über die Tacholeitung ist die Drehzahl des Lüfters extern auswertbar, so auch ein Lüfterstillstand.

### Bedienung und Funktion

Die Bedienung erfolgt wie in der Übersicht in Abbildung 2 dargestellt.

Mit der Taste „Fan 1/2/3“ kann die Anzeigeart gewechselt werden. Entweder werden Temperatur und Drehzahl von dem jeweils ausgewählten Lüfter (Fan 1, Fan 2 oder Fan 3) im Wechsel angezeigt oder es erfolgt die Anzeige der Temperaturen aller angeschlossenen Lüfter im Wechsel (Anzeige: „ALL“) nacheinander. Durch Drücken der „+“- oder „-“-Taste kann man immer direkt zur nächstfolgenden Anzeige weiterschalten. Sind einzelne Temperatursensoren nicht angeschlossen, so werden deren Werte auch nicht angezeigt. Ist kein Sensor angeschlossen, so erscheint im „ALL“-Modus „Err“ im Display. Die Drehzahl wird auch dann im Fan-1-, Fan-2- oder Fan-3-Einzelmodus angezeigt, wenn kein Temperatursensor angeschlossen ist. Ein angeschlossener Lüfter würde dann mit voller Leistung laufen.

In den in Abbildung 3 dargestellten Einstell-Modus für die Temperatur-Grenzwerte springt man durch Drücken der Taste „Hi/Lo-Limits“. Für jeden Regelkreis sind die Grenzwerte separat einstellbar. Die Bedeutung der Grenzwerte ist aus dem Diagramm in Abbildung 4 ersichtlich. Der untere Regelwert wird im LC-Display als „Lo.x“ bezeichnet und gibt die Temperatur an, bis zu der der Lüfter mit minimaler Drehzahl arbeiten soll (die Lüfter können serienmäßig nicht bis zum Stillstand herabgeregelt werden, sondern nur bis ca. 20 % der Maximaldrehzahl). Der mit „Hi.x“ bezeichnete obere Temperaturwert gibt an, ab welcher Temperatur der jeweilige Lüfter mit maximaler Leistung arbeiten soll. Die Einstellung der Grenzwerte erfolgt über die Tasten „Hi/Lo-Limits“, „+“ und „-“. Im Einstell-Modus werden abwechselnd der Name des Grenzwertes und der jeweils gespeicherte Wert angezeigt. Wird die Taste „Hi/Lo-Limits“ ein weiteres Mal gedrückt, wechselt man zum jeweils anderen einstellbaren Grenzwert. Nun kann

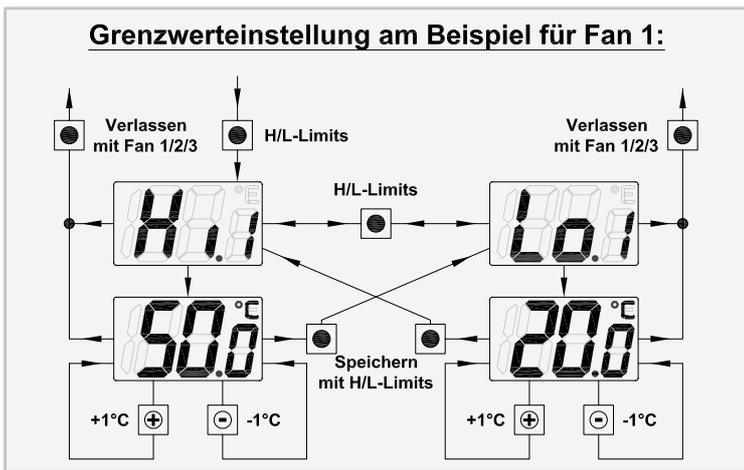


Bild 3: Einstellung der Temperatur-Grenzwerte

man mit den Tasten „+“ und „-“ den Wert um je 1 °C erhöhen bzw. verringern. Hält man die jeweilige Taste gedrückt, so ändert sich die Temperatur immer schneller. Drückt man anschließend wieder „Hi/Lo-Limits“, wird der eingestellte Wert im EEPROM gespeichert. Anschließend kann man mit „Hi/Lo-Limits“ zum zweiten Grenzwert wechseln oder mit „Fan 1/2/3“ den Einstell-Modus verlassen. Möchte man einen gerade mit den Tasten „+“ und „-“ veränderten Grenzwert nicht speichern, so drückt man die „Fan 1/2/3“-Taste. Zu beachten ist, dass der obere Grenzwert (Hi.x) logischerweise immer höher sein muss als der untere Grenzwert (Lo.x). Diese Bedingung wird vom Mikrocontroller geprüft und die Einstellung unlogischer Werte verhindert. Ist der Hi-Wert beispielsweise auf 50 °C eingestellt und der Lo-Wert z. B. auf 35 °C, so kann der Hi-Wert nur bis minimal 36 °C verringert werden. Möchte man aber einen niedrigeren Hi-Wert einstellen, so muss man erst den Lo-Wert niedriger einstellen und speichern.

Die Geschwindigkeitsregelung der Lüfter erfolgt abhängig von der jeweils gemessenen Temperatur linear zwischen den beiden gespeicherten Grenzwerten. Solch eine Regelung nennt sich auch Zweipunkt-Regelung.

Da die meisten PWM-Lüfter eine Mindestdrehzahl haben, die sie nicht unterschreiten, können mit der PLS 100 die Lüf-

ter nicht bis zum Stillstand herabgeregelt werden. Bei Erreichen von ca. 20 % der maximalen Lüfterdrehzahl bleibt deren Drehgeschwindigkeit konstant. Dies verhindert beispielsweise, dass der Lüfter bei Ausbleiben des Steuerungssignals (z. B. durch Kabelbruch) stehenbleibt und es zu einer Überhitzung kommt.

Zu bemerken ist schließlich, dass die LCD-Anzeige ab 1999 Umdrehungen/Minute (was allerdings nur wenige Lüfter schaffen) die Einerstelle nicht mehr angezeigt wird. Die drei vollständigen 7-Segment-Anzeigen werden dann für Zehner, Hunderter und Tausender genutzt, während ganz links nur ein obenstehender Strich erscheint, der auf diese veränderte Darstellung hinweist.

Weiterhin ist anzumerken, dass die PWM-Lüfter bei einer Rotorblockierung dauerhaft geschützt sind und jeweils nach einigen Sekunden automatisch einen Neustart versuchen. Dieses Feature der Lüfter wird von der PLS 100 zusätzlich unterstützt, indem ein PWM-Signal von 100 % übertragen wird, sobald die ermittelte Rotordrehzahl auf 0 U/Min. abfällt. Geschieht dies, so ertönt ein Alarmsignal und im Display der PLS 100 erscheint „AL.x“. Dieser Alarm ertönt, solange die Drehzahl bei 0 bleibt. Wenn an einem Kanal ein Temperatursensor, aber kein Lüfter angeschlossen ist, so bleibt die Drehzahl ebenfalls auf 0. Der Mikrocontroller ist systembedingt nicht in der Lage festzustellen, ob nur kein Lüfter angeschlossen oder ob dessen Rotor blockiert ist. Möchte man den Alarm abstellen, so kann man ihn für jeden Kanal getrennt abschalten. Dafür muss während des jeweiligen Einzelanzeigemodus (Anzeige: „Fan.x“) die „Hi/Lo-Limits“-Taste gedrückt gehalten werden, bis im Display „AL.x“ und anschließend „Off“ erscheint. In derselben Art und Weise kann man den jeweiligen Alarm auch wieder einschalten. Im Display erscheint dann erst wieder „AL.x“ und danach „On“.

## Schaltung

Das Schaltbild der PWM-Lüftersteuerung PLS 100 ist in Abbildung 5 dargestellt.

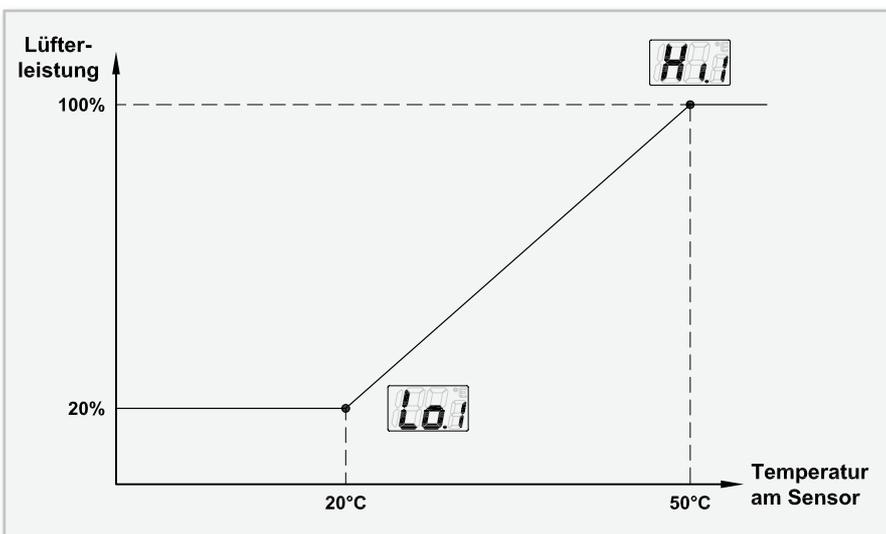


Bild 4: Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Drehzahl mit den einstellbaren Grenzwerten der Zweipunkt-Regelung

Zentrale Komponente ist IC 1, ein ATmega169PV, der einen integrierten LCD-Treiber besitzt und damit für eine direkte Ansteuerung von Displays prädestiniert ist. Der Mikrocontroller wird mit 3,3 V betrieben, die der Festspannungsregler IC 2 direkt aus der 12-V-Eingangsspannung erzeugt. Die Kondensatoren an IC 2 dienen der Unterdrückung von Störungen bzw. zur Spannungsstabilisierung.

Über TS 1, TS 2 und TS 3 können bis zu 3 Temperatursensoren an die PLS 100 angeschlossen werden, die mit jeweils einem A/D-Wandler-Eingang des Mikrocontrollers IC 1 verbunden sind.

Als Sensorelement kommt jeweils ein NTC-Widerstand vom Typ 103AT-2 zum Einsatz. Dieser auch Thermistor genannte Temperatursensor weist einen negativen Temperatur-Koeffizienten auf, d. h. bei steigender Temperatur sinkt sein Widerstandswert. Ein wesentlicher Vorteil dieses Sensors besteht darin, dass für alle Temperaturen im Bereich

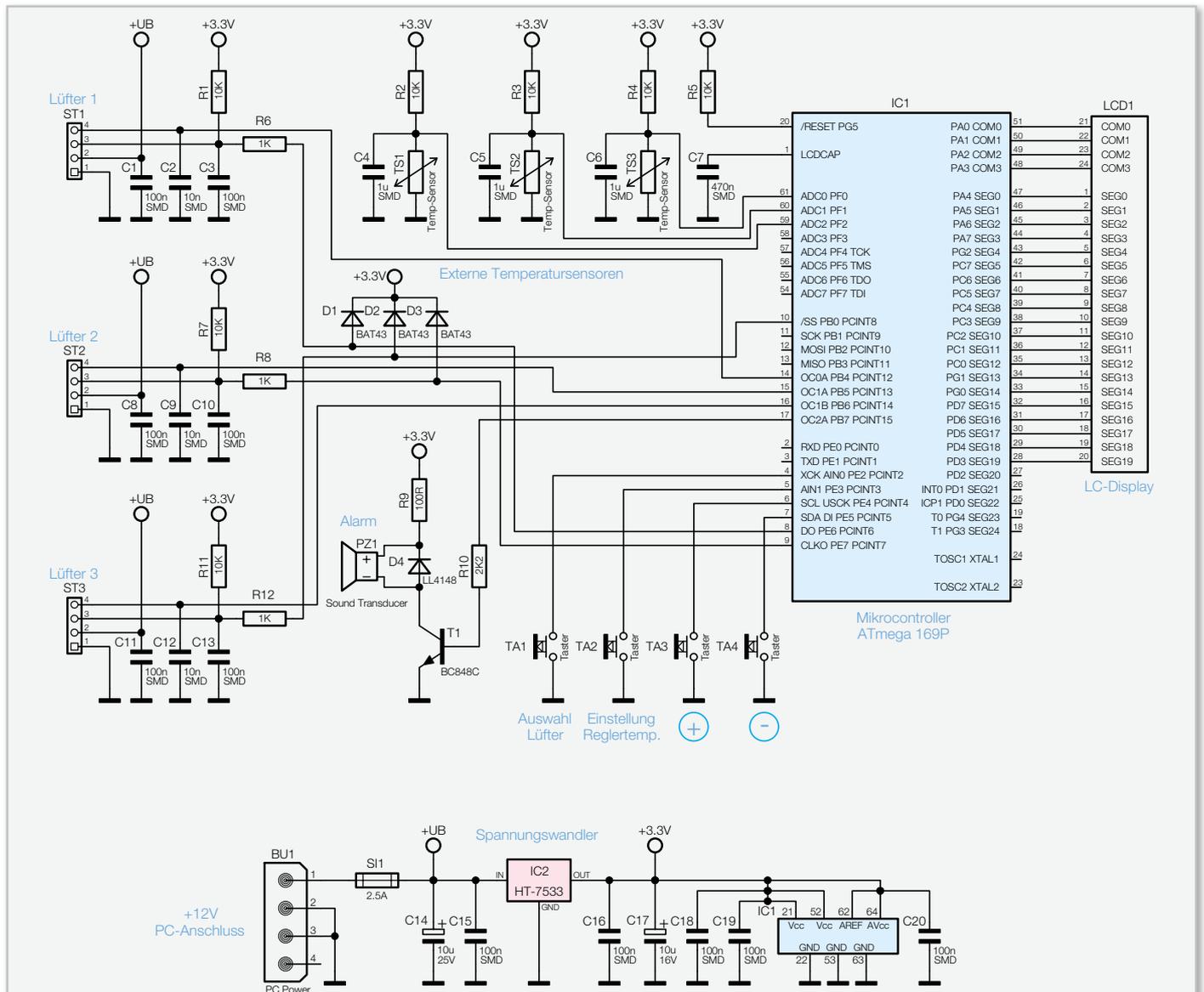


Bild 5: Das Schaltbild der PLS 100

von 0 bis +100 °C die Widerstandswerte des Sensors bekannt sind. Der Mikrocontroller ist somit ganz einfach mit Hilfe des internen A/D-Wandlers in der Lage, den Widerstandswert des Temperatursensors zu ermitteln und ohne Abgleich, anhand einer gespeicherten Tabelle, die zugehörige Temperatur zu errechnen. Bei einer Temperatur von 25 °C nimmt der 103AT-2 einen Widerstandswert von genau 10 kΩ an. Über T 1 ist ein Signalgeber angeschlossen, über den ein Alarmsignal ertönt, wenn er mit einem 2-kHz-Signal angesteuert wird.

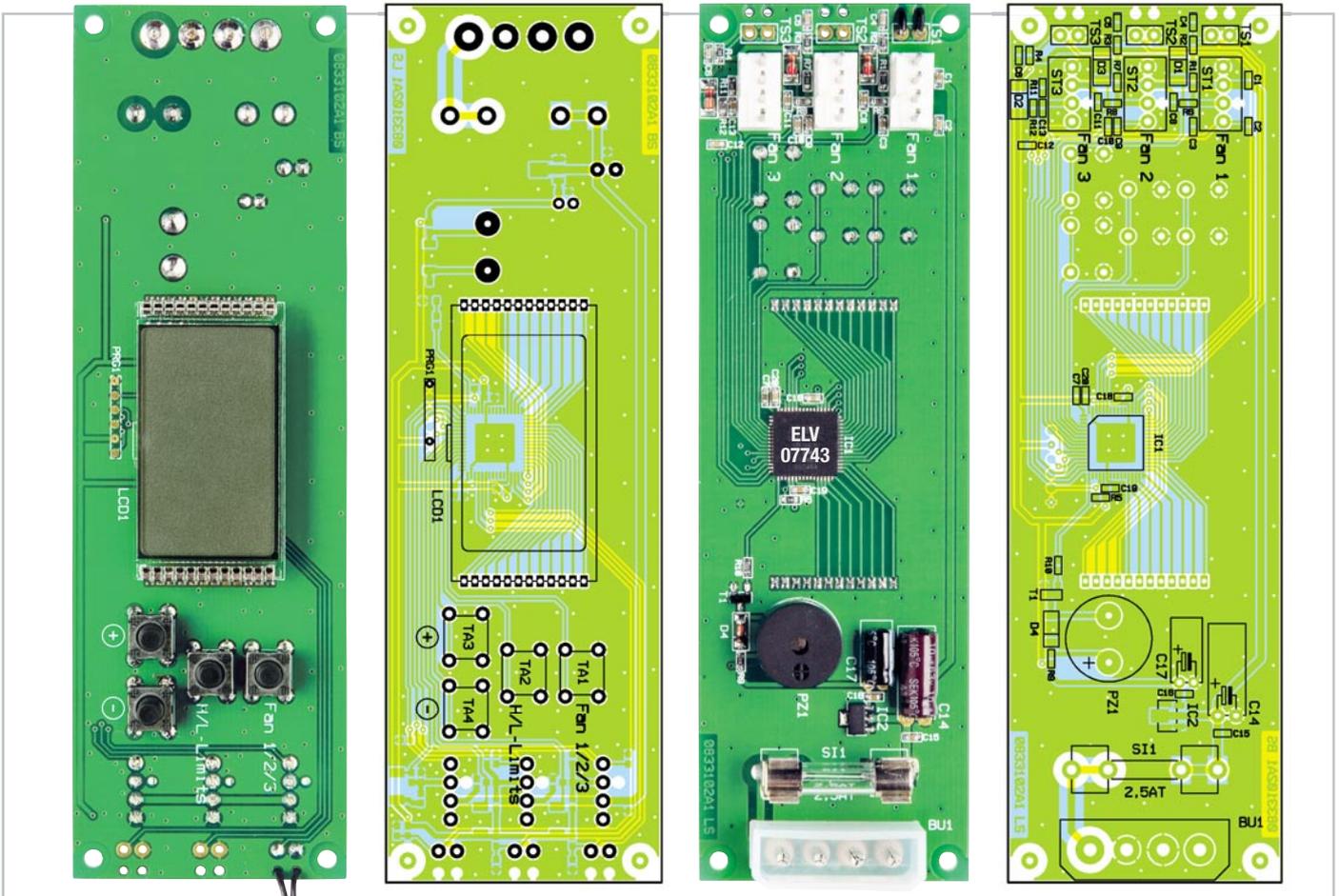
Die drei PWM-Steuerausgänge gehen direkt an die Steckanschlüsse ST 1, ST 2 und ST 3, über die die Lüfter angeschlossen werden. Diese können das 3,3-V-PWM-Signal direkt verarbeiten.

Das Tachosignal, das aus 2 Pulsen pro Rotordrehung besteht, wird vom Lüfter über einen Open-Collector-Ausgang bereitgestellt. Die Pull-up-Widerstände R 1, R 7 und R 11 heben das Signal auf einen 3,3-V-Pegel an. Zulässig wäre es laut der Intel-Spezifikation, wenn direkt im Lüfter ein Pull-up-Widerstand auf die 12-V-Versorgungsspannung geschaltet wäre. Dies wird von den Lüfter-Herstellern aber offenbar nur sehr selten so realisiert. Zur Sicherheit jedoch, um IC 1

auf keinen Fall zu beschädigen, sind die drei Tachosignale über die strombegrenzenden Widerstände R 6, R 8 und R 12 und die Schutzdioden D 1, D 2 und D 3 gegen Spannungen oberhalb von 3,3 V geschützt. Überspannungen werden damit auf maximal 3,7 V begrenzt. Die 2,5-A-Sicherung SI 1 soll das angeschlossene Netzteil bei zu hohen Lasten, Defekten oder Kurzschlüssen schützen. Abschließend wäre zur Schaltung noch zu sagen, dass der Mikrocontroller IC 1 intern ein EEPROM enthält, auf dem alle Nutzereinstellungen ausfallsicher gespeichert bleiben.

## Nachbau

Der größte Teil der PLS-100-Elektronik ist mit SMD-Bauteilen realisiert, die bereits werkseitig bestückt sind. Nur noch wenige bedrahtete Bauteile sind von Hand zu bestücken, so dass der praktische Aufbau schnell und einfach vonstatten geht. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdrucks und des Schaltbildes. Die Bauteilanschlüsse werden in die dafür vorgesehenen Bohrungen gesteckt und von der jeweils anderen Seite verlötet.



Ansicht der fertig bestückten Platine der PLS 100 mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Vorderseite, rechts von der Rückseite

Auf die Vorderseite der Platine werden nur die Taster und das LC-Display montiert. Das Display kann je nach Gehäuse bzw. Frontplatte, wie in der Detailsicht in Abbildung 6 gezeigt, auch mit etwas mehr Abstand zur Platine aufgelötet werden. Bei den Elkos (C 14 und C 17) ist unbedingt auf die richtige Polarität zu achten, da falsch gepolte Elkos explodieren können. Der Minuspol der Elkos ist auf deren Gehäuse gekennzeichnet. Auf der Platine ist hingegen die Position des Pluspols durch ein Plus-Zeichen deutlich markiert. Beide Elkos sind, wie im Platinenfoto zu sehen, liegend zu montieren, nachdem ihre Anschlüsse rechtwinklig abgebogen wurden. Auch beim Transducer-Modul PZ 1 ist auf die richtige Polarität zu achten. Sowohl auf dem Gehäuse als auch auf der Platine sind Pluszeichen aufgebracht.

Die 4-poligen Steckanschlüsse ST 1, ST 2 und ST 3 sind durch kleine Kunststoffnasen verpolungssicher ausgeführt.

Die Temperatursensoren (einer liegt dem Bausatz bei) haben keine bestimmte Polung und sollten, wie in der Abbildung 7 gezeigt, zugsicher montiert werden, indem man die Anschlusskabel als Zugentlastung einmal durch die Platine führt.



Bild 6: Die Einbauhöhe des Displays kann je nach Einbautort leicht variieren.

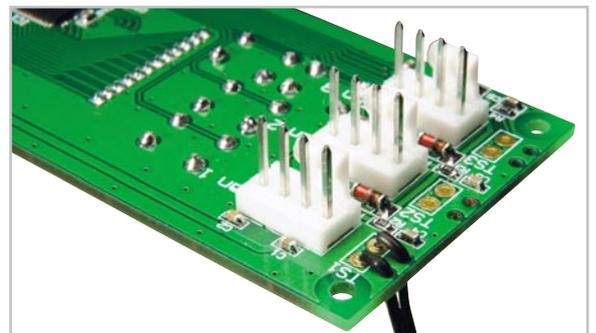
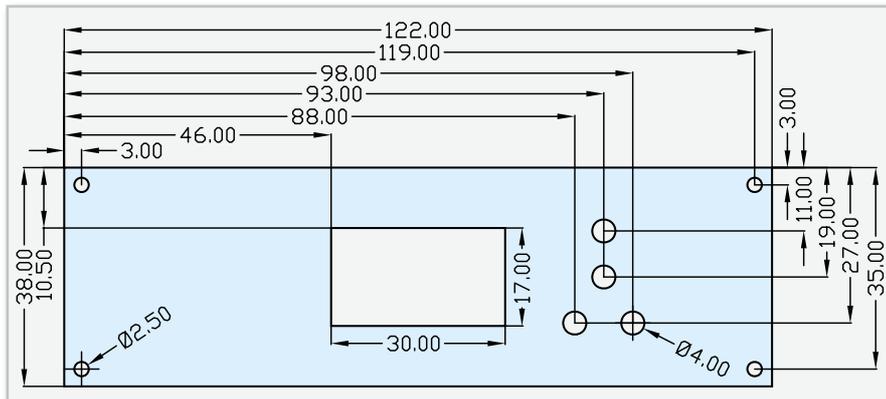


Bild 7: Befestigung der Temperatursensorkabel durch die Zugentlastungsbohrungen



Bild 8: Die Integration der PLS 100 in eine freie PC-Laufwerksabdeckung



Best.-Nr.: 82-370-75

Bild 10: Neben dem mitgelieferten sind bis zu zwei weitere NTC-Fühler des Typs 103AT-2 an die Reglerplatine anschließbar.

Bild 9: Maß-Skizze für eine Frontplatte bzw. den Einbau der PLS 100



Bild 11: Solche PWM-Lüfter sind beispielsweise an der Lüftersteuerung PLS 100 zu betreiben.

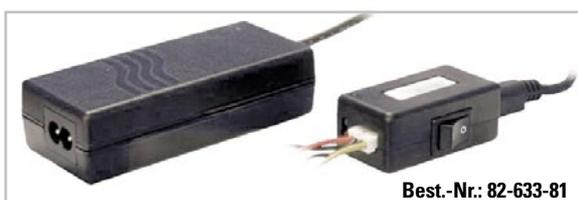
## Installation

### Einbau des PLS 100

Die Platine muss berührungssicher in ein Gehäuse eingebaut oder hinter eine freie 5¼-Zoll-Laufwerksabdeckung des PCs montiert werden. Ein Anwendungsbeispiel ist in Abbildung 8 zu sehen. Das Gehäuse oder eine PC-Laufwerksabdeckung kann nach der Skizze in Abbildung 9 bearbeitet werden. Hier sind alle Bohrungen für die Montage und die Taster und die Aussparung für das Display eingezeichnet. Wenn die Schrauben auf der Frontplatte stören, der kann stattdessen Gewindebuchsen von hinten an die Frontplatte kleben und die Platine von hinten anschrauben.

### Anschluss des PLS 100

Je nach Anwendungsfall (also je nachdem, wo der Temperatursensor platziert werden soll) sollte die 3 Meter lange Anschlussleitung des Temperatursensors so weit wie möglich gekürzt und an die Platine (Lötkontakte TS 1/2/3) angelötet werden. Neben dem mitgelieferten sind maximal zwei weitere Temperatursensoren (Abbildung 10) anschließbar.



Best.-Nr.: 82-633-81

Bild 12: Alternativ zum internen PC-Netzteil ist die PLS 100 auch über solch ein Stand-alone-Netzteil, das über passende Adapter verfügt, betreibbar.

Anschließend werden die PWM-Lüfter (Abbildung 11) an die zum Temperatursensor zugehörige Buchse (Fan 1/2/3) angeschlossen.

Zuletzt ist die Platine an ein freies Spannungsversorgungskabel (4-poliger 5¼-Zoll-Floppy-Stecker) des PC-Netzteils anzuschließen. Optional kann man auch ein Stand-alone-Netzteil mit dem passenden 4-poligen Anschlussstecker einsetzen, wie es als Beispiel mit passendem Adapterkabelsatz in Abbildung 12 zu sehen ist. Wichtig ist, bei der Wahl des Netzteils die Höhe der Versorgungsspannung von  $12 V_{DC} \pm 5\%$  einzuhalten, damit die Lüfter korrekt funktionieren und nicht beschädigt werden. Hier kommt also nur ein stabilisiertes Netzteil infrage.

ELV

## Stückliste: PWM-Lüftersteuerung PLS 100

### Widerstände:

100 $\Omega$ /SMD/0603	R9
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R6, R8, R12
2,2 k $\Omega$ /SMD/0603	R10
10 k $\Omega$ /SMD/0603	R1–R5, R7, R11

### Kondensatoren:

10 nF/SMD/0603	C2, C9, C12
100 nF/SMD/0603	C1, C3, C8, C10, C11, C13, C15, C16, C18–C20
470 nF/SMD/0603	C7
1 $\mu$ F/SMD/0603	C4–C6
10 $\mu$ F/16 V	C17
10 $\mu$ F/25 V	C14

### Halbleiter:

ELV07743/SMD	IC1
HT7533/SMD	IC2
BC848C	T1
BAT43/SMD	D1–D3
LL4148	D4
LC-Display, 3,5-stellig, print	LCD1

### Sonstiges:

Steckverbinder, 4-polig, stehend, print	BU1
PC-Lüfter-Stiftleiste, 1 x 4-polig, stehend, print	ST1–ST3
Temperatursensor mit Anschlussleitung, 103AT-11	TS1
Mini-Drucktaster, 1 x ein, 6 mm Tastknopflänge	TA1–TA4
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Sicherung, 2,5 A, träge	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	SI1