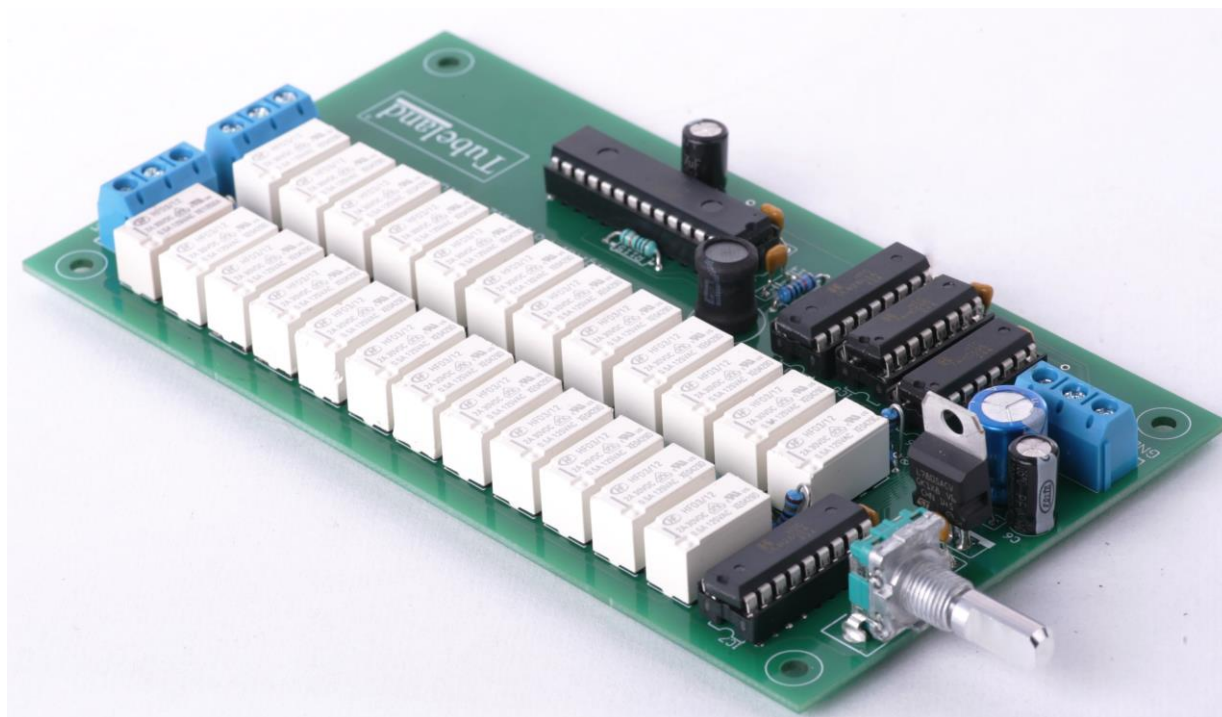


Digitales Komplimentäres Volumen 12 bit Log Poti 2026



12V 350 mA DC

128 Schritte aus 4096 50K Log

Automatik Save nach 5 Sec.



Tubeland 12-Bit Reference Volume Controller

Reiner Relais-Lautstärksteller für kompromisslose Signalreinheit

Manchmal ist weniger mehr.

Für viele Musikliebhaber ist ein Klangregler überflüssig – was zählt, ist absolute Transparenz. Genau dafür wurde dieser Volume Controller entwickelt.

Der Tubeland Reference Volume Controller ist ein reinrassiger, digital gesteuerter Relais-Lautstärksteller mit 12-Bit Auflösung und 128 logarithmischen Lautstärkeschritten – vollständig ohne Operationsverstärker oder digitale Audio-ICs im Signalweg.

Hier regeln ausschließlich präzise Widerstände und hochwertige Relais.

Technische Highlights

- 12-Bit Relais-Auflösung (0–4095)
- 128 fein abgestufte, echte logarithmische Lautstärkeschritte
- Absolut kanalgleich
- Keine IC-Pegelsteller im Signalweg
- Keine Klangverfärbung
- Perfekt für Röhren- und High-End-Verstärker
- Digitale Steuerung – analoger Signalweg

Warum Relais statt Digital-Poti?

Herkömmliche Digitalpotentiometer oder Audio-ICs arbeiten intern mit Halbleiterstrukturen im Signalweg.

Das führt zwangsläufig zu:

- erhöhtem Rauschen
- reduzierter Transparenz
- eingeschränkter Dynamik
- Spannungsbegrenzungen

Der Tubeland Volume Controller arbeitet anders:

Das Musiksignal durchläuft ausschließlich präzise Widerstände.

Die Relais schalten diese Widerstände mechanisch – vollkommen linear und verzerrungsfrei.

Das Ergebnis:

- maximale Dynamik
- absolute Neutralität
- perfekte Kanalgleichheit
- kein „IC-Klang“

128 logarithmische Schritte – echte Feindynamik

Die Lautstärkekennlinie wurde speziell für audiophile Anwendungen berechnet.

Besonders im leisen Bereich ermöglicht die 12-Bit Auflösung eine extrem feine Justierung – ohne Sprünge oder Pegelstöße.

Sie hören nicht „lauter oder leiser“.

Sie hören eine natürliche Steigerung der Musik.

Ideal für

- Röhrenverstärker
- High-End Vorverstärker
- DIY-Audio-Projekte
- Studio-Monitoring
- Minimalistische Puristen-Systeme

Für Musikliebhaber, die wissen, was sie wollen

Dieser Lautstärkesteller richtet sich nicht an Massenmarkt-Geräte.

Er ist für Menschen gedacht, die:

- keine unnötigen Klangregler wünschen
- maximale Transparenz suchen
- ihre Verstärker kompromisslos betreiben

Ein Bauteil weniger im Signalweg bedeutet oft:

Ein Schleier weniger vor der Musik.

Einfach erklärt

- **Volumen:** 12-Bit Auflösung → **4096 Stufen aus dem 128 Schritte für Log gennerriert werden**
- **Volumen** braucht **sehr feine** Schritte, damit es beim Drehen **nicht springt**, du den Sweet-Spot exakt triffst, und bei leisen Pegeln die Regelung nicht „zu grob“ wird.

Unterschiede in der Praxis: 8-Bit vs 12-Bit

1) Schrittgröße / Feingefühl

- **8-Bit (256 Stufen):**
- **12-Bit (4096 Stufen):**
 - Vorteil: **keine Pegelsprünge**, besonders bei niedriger Lautstärke (wo das Ohr empfindlich ist)

2) Psychoakustik (entscheidend)

Das Gehör empfindet Lautstärke **logarithmisch**. Wenn du Volume linear in Ohm oder linear in Steps regelst, fühlt es sich „am Anfang zu grob, am Ende zu fein“ an.

- Bei 12-Bit kannst du eine **log/Audio-Kennlinie** sehr sauber abbilden.
- Bei 8-Bit ist das möglich, aber merkbar gröber.

3) Kanalgleichlauf / Stereo-Balance

Das ist einer der Hauptgründe für den Aufwand.

- Klassische Potis (auch gute) haben **Toleranzen** und **Kanalabweichungen**, die besonders bei leiser Lautstärke nerven (Links/Rechts driftet).
- Mit Widerstandsnetzwerk/Relais bzw. sauberem R-Netz hast du **sehr präzise, reproduzierbare** L/R-Werte.

Kurz: Volume profitiert massiv von 12-Bit + definierter Kennlinie + präzisen Widerständen.

Warum nicht „normale“ Potis (klassisch mechanisch)?

Vorteile klassisch

- simpel, billig, bewährt
- kein Controller, keine Logik, keine Firmware
- „analog pur“ (Marketing-Argument)

Warum es besser ist

- **Kanalgleichlauf:** selbst hochwertige Potis können bei kleinen Stellungen hörbar abweichen.
- **Kontaktprobleme/Alterung:** Kratzen, Aussetzer, Oxidation (besonders nach Jahren).
- **Mechanik/Bediengefühl:** unterschiedliche Drehmomente, Streuung zwischen Geräten.
- **Keine Speicherbarkeit:** kein Preset, kein Recall, keine feste Referenz.
- **Fernbedienung/Encoder:** mit mechanischem Poti nur kompliziert/teuer zuverlässig.

Warum nicht „Digital-Poti IC“ (Chip-Digitpot)?

Digitpot-ICs sind oft nicht für High-End Audio das Optimum, weil sie in der Realität Einschränkungen haben.

Typische Nachteile von Digitpot-ICs

- **Begrenzte Signalspannung:** viele funktionieren nur nahe Versorgung (z. B. 3,3–5 V) → in echten Audio-Schaltungen schnell unpassend.
- **Nicht ideal linear / Code-abhängige Fehler:** Wiper-Widerstand, DNL/INL, End-to-End Toleranz → kann sich als „unruhige“ Kennlinie oder Kanalunterschied bemerkbar machen.
- **Wiper-Widerstand** (Schleifer) ist nicht konstant ideal → Pegel/Impedanz ändern sich abhängig von Stellung.
- **Rauschen/Verzerrung:** nicht immer katastrophal, aber bei High-End-Anspruch und hohen Impedanzen/kleinen Pegeln (z. B. Vorstufen) relevant.

- **Schaltartefakte:** bei Step-Wechsel können Klicks/Zipper-Noise entstehen, wenn nicht sauber gemutet/gerampt wird.
- **Langzeit-/EMV-Themen:** Digital-Signale im Audiobereich sind handhabbar, aber ein Chip-Digitpot zwingt oft in unschöne Kompromisse im Layout.

Kernaussage: Ein Digitpot-IC ist „praktisch“, aber nix für **maximale Audio-Transparenz + perfekte Reproduzierbarkeit** → daher diskrete Widerstandsumschaltung/Relais/R-Netz.

Nachteile

- **Komplexität:** mehr Bauteile + Controller + Firmware → mehr Entwicklungsaufwand.
- **Kosten:** Präzisionswiderstände/Relais kosten Geld (und Platz).
- **Schaltgeräusche möglich,** Aber im Rahmen des erträglichen
 - Relais klicken mechanisch (hörbar im Gerät, nicht zwingend im und wenn nur beim drehen im Audio sehr leise)

In vielen modernen Audiogeräten kommen sogenannte **digitale Potentiometer-Chips** zum Einsatz. Diese Bausteine sind praktisch und platzsparend – sie haben jedoch **klangliche Einschränkungen**, die insbesondere bei hochwertigen Audioanwendungen relevant sind. Aus diesem Grund wird in diesem Gerät ein anderer, deutlich aufwendigerer Ansatz verwendet.

Was ist der Unterschied?

Ein Digital-Poti-Chip ist **kein echtes „digitales Lautstärke- oder Klangregelwerk“**, sondern intern ein analoger Widerstand mit elektronischem Schleifer. Genau dieser Aufbau bringt Nachteile mit sich.

Einfluss auf den Signal-Rausch-Abstand (SNR)

Der **Signal-Rausch-Abstand** beschreibt, wie weit das Musikschriftal über dem Eigenrauschen des Geräts liegt.

Je höher dieser Abstand ist, desto **ruhiger, klarer und detailreicher** wirkt die Wiedergabe – besonders bei leisen Passagen.

Warum Digital-Poti-Chips den SNR verschlechtern können:

- **Zusätzlicher Schleifer im Signalweg**

Digitale Potentiometer besitzen einen internen elektronischen Schleifer. Dieser liegt permanent im Audiosignal und erzeugt:

- zusätzliches Eigenrauschen
- minimale, aber messbare Verzerrungen
- eine leichte Veränderung des Klangs je nach Stellung

- **Nicht vollständig lineare Stufen**

Die einzelnen Lautstärke- oder Klangstufen sind technisch nicht völlig identisch. Dadurch kann:

- der Rauschpegel abhängig von der Stellung variieren
- bei sehr leisen Pegeln ein „unruhigeres“ Klangbild entstehen

- **Interne Digitalschaltungen im selben Chip**

Steuerlogik und Audiosignal befinden sich sehr nah beieinander. Das kann zu:

- feinen Störanteilen
- einem leicht erhöhten Grundrauschen führen

Was bedeutet das hörbar?

In der Praxis kann sich das äußern als:

- weniger „schwarzer“ Hintergrund
- geringere Feinauflösung bei leisen Details
- reduzierte Räumlichkeit und Tiefe
- leichtes Grundrauschen bei sehr niedriger Lautstärke

Gerade in hochwertigen Vorstufen oder Röhrengeräten fällt das stärker auf, da hier **kleinste Signalanteile besonders wichtig** sind.

Typischer Vergleich (praxisnah)

Regeltechnik

**Typischer erreichbarer
Signal-Rausch-Abstand**

Regeltechnik	Typischer erreichbarer Signal-Rausch-Abstand
Digital-Poti-Chip	ca. 85–100 dB
Klassisches mechanisches Poti	ca. 100–105 dB
Diskrete Widerstandsumschaltung (hier verwendet)	über 110 dB

Warum dieser Bausatz einen anderen Weg geht

Statt eines Digital-Poti-Chips kommt hier eine **controllergesteuerte, diskrete Widerstandsumschaltung** zum Einsatz:

- **Kein elektronischer Schleifer im Signalweg**
- **Kein zusätzliches Chip-Eigenrauschen**
- **Sehr präziser Kanalgleichlauf**
- **Konstante Klangqualität über alle Einstellungen**
- **Deutlich besserer Signal-Rausch-Abstand**

Das Ergebnis ist:

mehr Ruhe, mehr Feinzeichnung und eine natürlichere Wiedergabe – unabhängig von der gewählten Lautstärke oder Klangstellung.

Kurz gesagt

Digitale Potentiometer-Chips sind praktisch – aber sie setzen dem Klang **technische Grenzen**.

Für dieses Gerät wurde bewusst ein aufwendigeres, diskretes System gewählt, um:

- den Signal-Rausch-Abstand zu maximieren
- klangliche Nebeneffekte zu minimieren
- und langfristig höchste Audioqualität zu gewährleisten.

Textbaustein für deine Bedienungsanleitung

Bedienung – Lautstärke (12-Bit)

- Der Lautstärkeregler arbeitet intern mit **4096 feinen Stufen** daraus werden 128 Log Schritte Genneriert.
- Dadurch sind sehr kleine Pegelanpassungen möglich, ohne hörbare Sprünge.
- Die Regelung folgt einer **gehörgerechten Kennlinie** (Audio-Taper), sodass sich die Lautstärke über den gesamten Regelweg gleichmäßig anfühlt.

Warum diese Technik

- Im Gegensatz zu klassischen Potis ist die Regelung **kanalgenau, alterungsarm und speicherbar**.
- Im Gegensatz zu typischen Digitpot-Chips bleiben Signalpegel, Impedanzen und Verzerrungsverhalten besser kontrollierbar, weil die Widerstandswerte **diskret und definiert** geschaltet werden.

1. Komplementärpotis (hier verwendet)

Was bedeutet „komplementär“?

Bei einer komplementären Regelung arbeiten **zwei exakt aufeinander abgestimmte Widerstandsnetzwerke** gegensinnig:

- Ein Widerstandszweig erhöht sich,
- der andere verringert sich im gleichen Maß.

Das Verhältnis bleibt dabei **immer konstant und definiert**.

Vorteile für den Klang:

- **Keine feste Poti-Impedanz nötig**
Die effektive Impedanz ergibt sich aus dem Netzwerk – nicht aus einem einzelnen Bauteil.
- **Konstante elektrische Bedingungen**
Quelle und nachfolgende Stufe „sehen“ immer saubere, berechenbare Werte.
- **Sehr guter Kanalgleichlauf**
Links und Rechts sind mathematisch identisch. Im Gegensatz zu den Herkömmlichen Potis mit 20% Toleranz ist es somit Möglich die Toleranz viel enger zu setzen. Somit können Weit aus Kleinere Toleranzen 1% oder weniger erreicht werden!
- **Kein Schleifer im Signalweg**
Keine Kontaktprobleme, kein zusätzliches Rauschen.

- **Ideal für hochwertige Vorstufen & Röhrenschaltungen**

→ Ergebnis: **ruhiger, stabiler Klang über den gesamten Regelweg.**

2. Phantompotis

Was ist ein Phantompoti?

Ein Phantompoti ist **kein echtes Potentiometer**, sondern eine elektronische Nachbildung eines Potis, meist aus:

- Widerstandsarrays
- Schalter oder ICs

Der Potiwert wird „simuliert“, nicht real mechanisch verändert.

Nachteile:

- Die **Impedanz ändert sich mit der Stellung**
- Quelle und Verstärker werden je nach Einstellung unterschiedlich belastet
- Der Klangcharakter kann sich mit der Lautstärke verändern
- Oft eingeschränkte Flexibilität bei Sonderwerten

→ Für einfache Anwendungen ausreichend, für High-End-Audio **kompromissbehaftet.**

3. Pseudopotis

Was ist ein Pseudopoti?

Pseudopotis bilden eine Lautstärkeregelung nur „formal“ nach, z. B.:

- über digitale Multiplikation
- über Spannungsteiler mit festen Stufen
- über digitale Signalabschwächung (DSP)

Nachteile:

- Signal wird **nicht rein analog** geregelt
- Je nach Umsetzung:
 - Verlust an Auflösung

- Dynamikeinschränkungen
- Klangveränderungen bei kleinen Pegeln
- Feste Systemgrenzen (z. B. nur bestimmte Widerstandswerte möglich)

→ Technisch elegant, klanglich nicht immer optimal.

4. Warum komplementär die beste Lösung ist

Die komplementäre Widerstandsumschaltung vereint die Vorteile:

- analoge Signalführung
- höchste Präzision
- maximale Flexibilität

Besonders wichtig:

Bei dieser Technik ist man **nicht auf typische Potiwerte** wie 10 k Ω , 20 k Ω oder 50 k Ω festgelegt.

5. Freie Wahl der Impedanz – ein großer Vorteil

Klassische Potis:

- haben **feste Normwerte**
- zwingen das Schaltungsdesign oft zu Kompromissen

Komplementäre Netzwerke:

- der Gesamtwiderstand wird **frei definiert**
- die Impedanz kann exakt an:
 - Tonabnehmer
 - Vorstufe
 - Röhrenschaltung
 - Endstufe
 angepasst werden

👉 Theoretisch kann jeder beliebige Widerstandswert realisiert werden, sofern er elektrisch sinnvoll ist.

Beispiele:

- 7,5 k Ω für spezielle Röhrenschaltungen
- 18 k Ω für bestimmte Line-Treiber
- 42 k Ω zur optimalen Anpassung an externe Geräte

6. Kundenvorteil: Individualisierung

Das bedeutet für den Anwender:

- Anpassung an **persönliche Hörgewohnheiten**
- optimale Einbindung in bestehende Anlagen
- keine klanglichen Kompromisse durch „Standardwerte“

Auf Wunsch lassen sich:

- Regelbereiche
- Impedanzniveaus
- Kennlinien (linear, logarithmisch, Sonderverläufe)

gezielt konfigurieren.

Kurz zusammengefasst

- Komplementäre Regelung = **echte High-End-Lösung**
- keine feste Poti-Impedanz
- keine Schleifer, kein Chip im Signalweg
- maximale Präzision und Flexibilität
- individuell anpassbar statt Standardlösung

Widerstands Tabelle für 12 Bit im Falle das sie eine Anders Poti benötigen

Widerstand	10K	20K	50K	100K	250K	500K
Ohm	2,441	4,883	12,207	24,414	61,035	122,07
Ohm	4,883	9,766	24,414	48,828	122,07	244,141
Ohm	9,766	19,531	48,828	97,656	244,141	488,281
Ohm	19,531	39,062	97,656	195,312	488,281	976,562
Ohm	39,062	78,125	195,312	390,625	976,562	1953,125
Ohm	78,125	156,25	390,625	781,25	1953,125	3906,25
Ohm	156,25	312,5	781,25	1562,5	3906,25	7812,5
Ohm	312,5	625	1562,5	3125	7812,5	15625
Ohm	625	1250	3125	6250	15625	31250
Ohm	1250	2500	6250	12500	31250	62500
Ohm	2500	5000	12500	25000	62500	125000
Ohm	5000	10000	25000	50000	125000	250000

Gerade bei Röhrenverstärkern oder hochohmigen Signalpfaden kann eine ungeschirmte Verdrahtung bereits zu hörbaren Störgeräuschen führen.

Zentrale Masseführung (Star Ground)

Ebenso wichtig ist eine **konsequent umgesetzte zentrale Masseführung** (Sternmasse).

Alle Masseverbindungen – insbesondere:

- Eingangssignal-Masse
- Ausgangssignal-Masse
- Versorgungsmasse
- Gehäusemasse

sollten an einem definierten zentralen Punkt zusammengeführt werden.

Eine saubere Sternmasse minimiert:

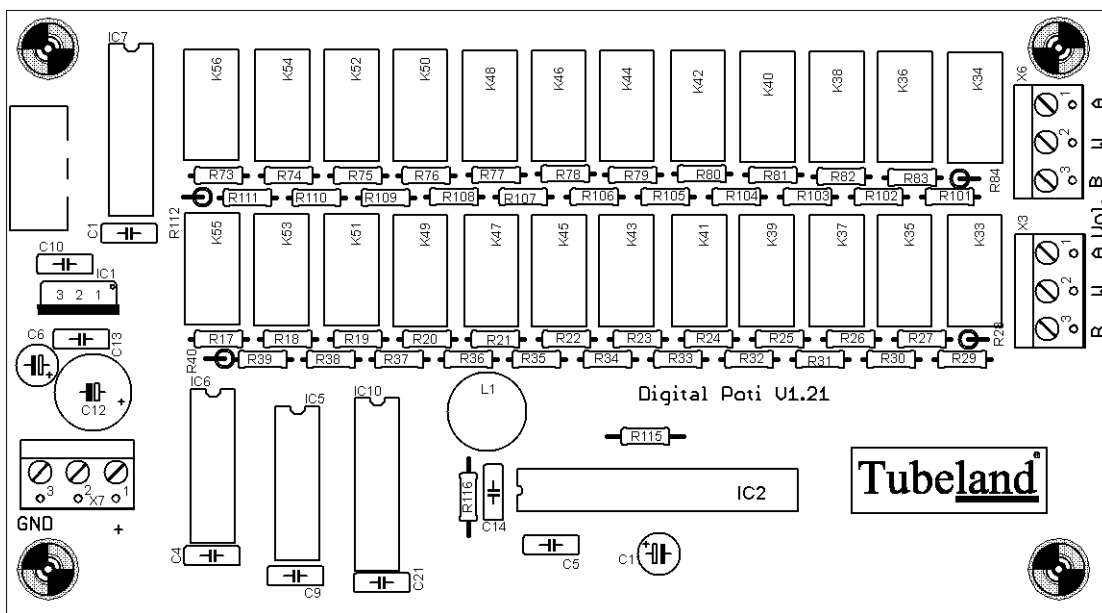
- Brummschleifen
- Potenzialunterschiede
- Erdschleifen
- HF-Einstreuungen

Das Tubeland Kit ist so konzipiert, dass eine zentrale Masseführung problemlos integriert werden kann und damit eine optimale Signalreinheit gewährleistet wird.

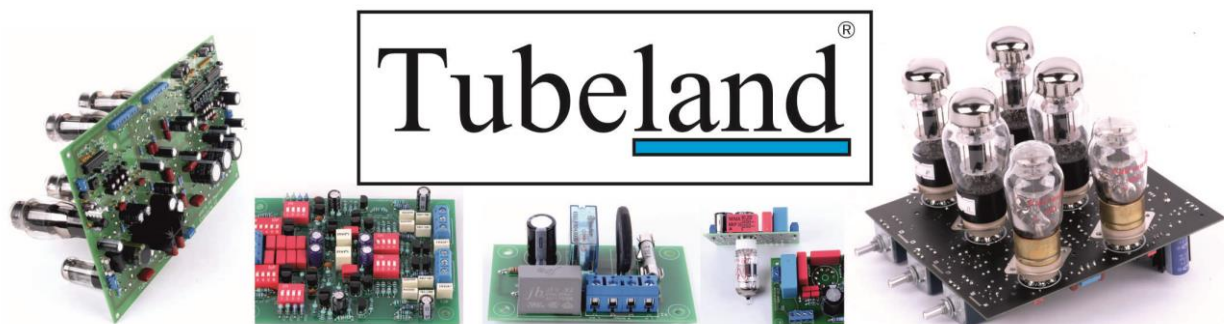
Empfehlung für höchste Klangqualität

- Geschirmte Audioleitungen für Ein- und Ausgang
- Möglichst kurze Signalwege
- Sternförmige Masseführung
- Saubere Trennung von Netz- und Audiosignalbereich

Nur so kann das volle klangliche Potenzial des 12-Bit Relais-Lautstärkestellers ausgeschöpft werden.



Menge	Wert	Device	Bauteile
4	12R	R-EU_0207/2V	R17, R40, R73, R112
4	24,9R	R-EU_0207/7	R18, R39, R74, R111
4	47R	R-EU_0207/7	R19, R38, R75, R110
4	100R	R-EU_0207/7	R20, R37, R76, R109
4	200R	R-EU_0207/7	R21, R36, R77, R108
4	390R	R-EU_0207/7	R22, R35, R78, R107
4	820R	R-EU_0207/7	R23, R34, R79, R106
4	1k6	R-EU_0207/7	R24, R33, R80, R105
4	3k3	R-EU_0207/7	R25, R32, R81, R104
4	6k8	R-EU_0207/7	R26, R31, R82, R103
1	10k	R-EU_0207/10	R116
4	13k	R-EU_0207/7	R27, R30, R83, R102
4	24k	R-EU_0207/2V	R28, R29, R84, R101
1	100k	R-EU_0207/10	R115
8	0μ1	C-EU050-025X075	C1, C4, C5, C9, C10, C13, C14, C21
1	4μ7	CPOL-EUE2.5-6	C6, C11
1	220/25	CPOL-EUE5-10.5	C12
2	74HC595N	74HC595N	IC5, IC6
1	7805TV	7805TV	IC1
1	MEGA328	MEGA328	IC2
2		ULN2803A	IC7, IC10
1	EC11B15242AE	EC11B-H	E1
24	HFD3/12	NA	K33, K34, K35, K36, K37, K38, K39, K40, K41, K42, K43, K44, K45, K46, K47, K48, K49, K50, K51, K52, K53, K54, K55, K56
3	AKL 103	W237-103	X3, X6, X7
1	4,7mH	BS11	L1
1	Leiterplatte	Y213	146 mm* 79.8 mm



Markus Andrzejewski Aegidistr. 70 46240 Bottrop tubeland@tubeland.de