

1 Werkstatteinrichtung

1.1 Arbeitsplatz

Um effizient arbeiten zu können, muss zuerst ein Arbeitsplatz (eine kleine Werkstatt) eingerichtet werden. Dazu benötigen wir genügend Fläche für Werkzeuge, Maschinen und Ersatzteile. Geeignet wäre z.B. ein separater Raum in einem Einfamilienhaus oder – wenn wir zur Miete wohnen – ein abschliessbarer "Bastelraum". Optimal ist eine Nutzfläche von 25 m²; aber auch mit weniger geht es. Von Nutzen wäre zudem ein Waschbecken mit Kaltwasseranschluss. Auch auf eine ausreichende Beleuchtung (min. 500 Lux) und genügend Steckdosen ist zu sorgen.

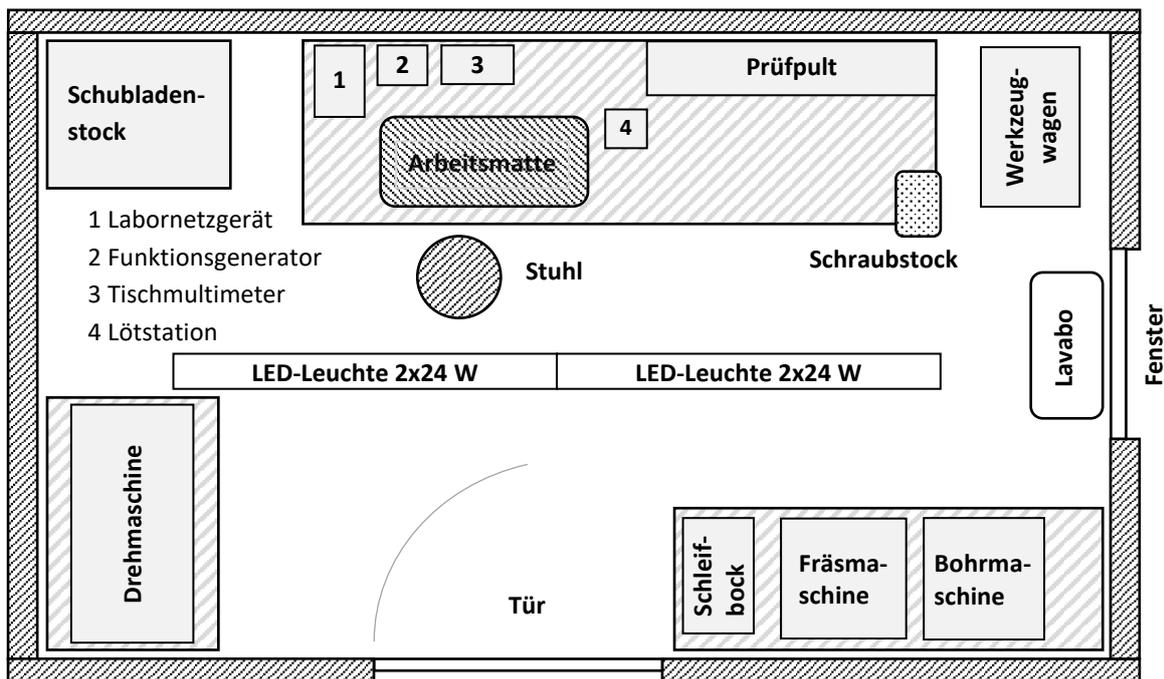


Abb. 1: Beispiel eines Heimwerkerarbeitsplatzes

Vor allem aber benötigen wir einen robusten Arbeitstisch mit einem Schubladenstock und einem Schraubstock. Sind Werkzeugmaschinen vorhanden, benötigen wir mehrere Tische.



Abb. 2: Werkzeugwagen



Abb. 3: Werkbank mit Schubladenstock

Vorteilhaft ist ein zweiter Schubladenstock für Bohrer, Fräser und Drehmeissel. Auch ein Werkzeugwagen kann zweckmässig sein.

Äusserst nützlich ist ein Prüftableau mit Steckdosen und Buchsen für Netzspannungen (3x400



Abb. 4: Werkstattprüftafel

V für Drehstromverbraucher und 230 V für einphasige Verbraucher). Ausser Leistungsanschlüssen sollten Buchsen mit normierten Kleinspannungen (5 VDC, 12 VDC, 24 VDC) und Normsignalen (0-10 V, 0-20 mA) vorhanden sein. Separat oder als Einbauvariante ist zudem ein Labornetzgerät für 0-30 V mit 3 bis 5 A Nennstromstärke zu empfehlen.

Ein Prüftableau lässt sich mit entsprechenden Vorkenntnissen auch selbst bauen. Kommt man nicht vom Fach, so ist möglicherweise ein befreundeter Elektroinstallateur oder ein Automatiker behilflich. Ansonsten sollte man es besser lassen und sich beim Elektrofachhandel umschaun.

1.2 Arbeitsmittel

1.2.1 Handwerkzeuge

Ein minimaler Bestand muss in jeder Kleinwerkstatt vorhanden sein. Zu den wichtigsten Handwerkzeugen gehören im Kontext:

- Schraubendreher (für Schlitz-, Kreuz-, Torxschrauben) in verschiedenen Grössen
- diverse Zangen (Kombi-, Spitz-, Rund-, Crimp-, Abisolierzange, Seitenschneider)
- diverse Scharubenschlüssel (Gabel-, Ring-, Steck-, Inbusschlüssel)
- Feilen (grob, schlicht, halbschlicht) in verschiedenen Formen (flach, rund, dreikant)
- Schlosserhammer, Nylonhammer in unterschiedlichen Grössen
- Handsäge

Der Fachhandel bietet auch Kombiwerkzeuge von guter Qualität an, so dass sich mit nur einem Werkzeug mehrere Arbeiten verrichten lassen.



Abb.5: Crimpzange mit Zusatzfunktionen



Abb. 6: Universalzange für Elektroarbeiten



Abb. 7: Schraubendrehersatz

Ausser dem üblichen Handwerkzeug kommen mit der Zeit spezielle Werkzeuge hinzu wie bspw. ein Drehmomentschlüssel oder ein Satz Abziehwerkzeuge, um defekte Wälzlager zu demontieren.

1.2.2 Weich- und Hartlöten

Für feine Lötarbeiten an Steckerleisten und elektronischen Bauteilen benötigen wir eine einstellbare Lötstation. Als Lot verwenden wir bleifreies Zinn-Silber-Lot. Um abgebrochene Metallteile oder neue Teile zu verlöten, ist eine Hartlötanlage hilfreich. Auch Klebstoffe leisten hier gute Dienste. Eine Heissklebepistole sollte im Sortiment nicht fehlen.

1.2.3 Hilfsmittel

Last not but lesat benötigen wir verschiedenste Hilfsmittel wie Isolierbänder, Aderendhülsen, Kabelschuhe, Verbindungsklemmen, Schrumpfschläuche, Kontaktspray, Kühlmittel, Schmiermittel, Zweikomponentenleim, Sekundenkleber usw.

1.3 Mess- und Prüfmittel

Ein Digitalmultimeter (DMM) der mittleren Preisklasse darf in keiner Reparaturwerkstatt fehlen. Selbst im Zeitalter von INdustrie 4.0 ist ein analoges Vielfachmessinstrument für Einstell- und Ableicharbeiten noch immer eine gute Wahl. Für den stationären Gebrauch in der Werkstatt empfiehlt sich ein Tischmultimeter. Auf genügend Messleitungen, Prüfspitzen und Abgreifklemmen ist zu achten.



Abb. 8: Digitale und analoge Multimeter



Abb. 9: True RMS Tischmultimeter

Ausser den oben erwähnten Mess- und Prüfmitteln kommen nach Bedarf weitere Geräte hinzu wie bspw. ein Drehfeldtester, ein Batterietester, ein Zangenstrommeter, ein Isolationsprüfgerät u.a.m.

Anm.: Low-Cost-Multimeter messen den arithmetischen Mittelwert einer Spannung. Dieser wird mittels einer Diodenschaltung ermittelt und mit dem Formfaktor von 1,11 multipliziert und entspricht damit dem Effektivwert einer sinusförmigen Spannung. Weicht die Kurvenform vom reinen Sinus ab, so besitzt der Formfaktor einen anderen Wert und dadurch zeigt das Multimeter einen falschen (zu kleinen) Wert an. Je stärker die Abweichung, umso grösser ist der Anzeigefehler.

Effektivwertrichtig messende Multimeter (True-RMS-Multimeter) berücksichtigen auch verzerrte Kurvenformen und zeigen diese bis zu einem gewissen Verzerrungsgrad korrekt an. Der Grad der Verzerrung wird mit dem Crest-Faktor angegeben. Dieser entspricht bei einem sinusförmigen Signal $\sqrt{2} \approx 1,41$. Ein Sägezahn dagegen – um ein praxisnahes Beispiel zu nennen – hat einen Crest-Faktor von $\sqrt{3} \approx 1,73$ und bei einem Phasenanschnitt kann der Crest-Faktor sogar einen Wert von 4,2 annehmen.

Verzerrte Kurvenformen enthalten nicht nur eine Frequenz, sondern zusätzliche höherfrequente Anteile (Oberwellen). Somit muss ein korrekt messendes Multimeter nicht nur über eine TRMS Messung verfügen, sondern auch über eine grosse Bandbreite, um auch hochfrequente Anteile zu erfassen. Die Minimalanforderung für den Einsatz im Energiebereich ist eine Bandbreite von 1 kHz und ein Crest-Faktor von 3. Weitere Hinweise siehe bei: <https://www.gmc-instruments.ch/>.

2 Fertigungsmaschinen

Als Heimwerker und Reparateur von elektrischen und elektronischen Geräten und Apparaten benötigen wir auch Werkzeugmaschinen. Das geht ins Geld, aber es muss ja nicht alles an einem Tag beschafft werden!

Um mechanische Teil zu bearbeiten sollten folgende Maschinen vorhanden sein:

- Tischbohrmaschine
- Schleifbock
- Kleindrehmaschine
- Fräsmaschine oder alternativ kombinierte Bohr-/Fräsmaschine
- Akkubohrmaschine und elektrische Sticksäge

Bei sämtlichen Zerspanungsarbeiten muss eine Schutzbrille getragen werden!

Im mechanischen Bereich sind zusätzliche Werkzeuge und Messmittel erforderlich, darunter eine Schieblehre (Meßschieber), ein Mikrometer (Meßschraube), Anreisswerkzeug, Körner, Senker, Zentrierbohrer, Spiralbohrer, Gewindebohrer usw. Am Besten kauft man diese Dinge von Fall zu Fall, also dann, wenn man sie erstmals benötigt.

2.1 Bohr- und Fräsmaschinen

Bohrarbeiten kommen desöfteren vor bei Instandsetzungen (gelegentlich auch Fräsarbeiten).



Abb. 10: Tischbohrmaschine 230 V/550 W



Abb. 11: Bohr-/Fräsmaschine 230 V/750 W

Für den stationären Gebrauch geeignet ist ein Tischbohrmaschine mit einem Schnellspannfutter (1 - 16 mm) und 500 bis 700 W Leistung. Optimal ist eine stufenlosen Drehzahleinstellung mit Anzeige.

Zu einer Tischbohrmaschine gehört ein Satz HSS-Spiralbohrer. Weil wir in unterschiedlichsten Werkstoffen spanen, ist nicht jeder Spiralbohrer geeignet. Für die Bearbeitung von rostfreien Stählen haben sich HSS Co5 Spiralbohrer (mit 5 % Kobalt legiert) bewährt. Alternativ besitzen auch titanbeschichtete Bohrer (HSS TiN) eine erhöhte Standzeit, sind aber teurer.¹

Für die Fräsmaschine ist ein Satz Schaftfräser erforderlich. Hinzu kommen nach Bedarf spezielle Profilfräser, ggf. auch Walzenfräser und Fräser mit hartmetallbestückten Zähnen.



Abb. 12: Spiralbohrer, Gewindebohrer und Schaftfräser



Abb. 13: Maschinenschraubstock

Um Teile einzuspannen sind Maschinenschraubstöcke zu verwenden. Für komplizierte Formen benötigen wir einen Anstellwinkel und Klemmpratzen.

2.2 Schleifmaschinen

Ein "Schleifbock" gehört zur Werkstatteinrichtung und sei es nur, um Spiralbohrer oder Drehstähle nachzuschleifen.



Abb. 14: Doppelschleifmaschine 3x400 V



Abb. 15: Kombischleifmaschine 230 V

Um die Personensicherheit zu gewährleisten, sollte der Abstand der Anstellflächen (Schleifauflagen) zur Schleifscheibe max. 2 mm betragen. Mit zunehmender Scheibenabnutzung sind

¹ HSS = Hochleistungsschnellarbeitsstahl, auch HS6-5-2-5 (HS = High Speed), Schnellarbeitsstahl mit 6 % Wolfram, 5 % Molybdän, 2 % Vanadium, 5 % Kobalt.

folglich Nachjustierungen nötig. Bei einem Wechsel der Schleifscheibe ist darauf zu achten, dass keine Unwucht entsteht. Vorstehende Wellenzapfen sind mit einer Schutzkappe zu bedecken.²

2.3 Drehmaschinen

Ausser der Tischbohrmaschine die wichtigste Fertigungsmaschine in unserem Bereich ist die Drehmaschine. Während viele kubische Teile auch durch Feilen hergestellt werden können, besteht für die Fertigung von Rotationskörpern (Wellen Zapfen, Dorne) keine andere Möglichkeit als das Drehen. Die Beschaffung einer für unsere Zwecke geeigneten Kleindrehmaschine muss deshalb mit besonderer Sorgfalt erfolgen.



Abb. 16: Leitspindeldrehmaschine mit stufenloser Drehzahlstellung 230 V/1250 W
Spitzenweite 510 mm, Spitzenhöhe 110 mm, Spindelbohrung 20 mm

Ein automatischer Längs- und Quervorschub ist bei modernen Drehmaschinen in der Regel vorhanden und verkürzt die Bearbeitungszeit. Um Gewinde zu fertigen, muss die Drehmaschine mit einer Leitspindel ausgerüstet sein. Noch besser (aber auch teurer) ist eine Drehmaschine mit Zug- und Leitspindel. Optimal wäre ferner ein Wegmeßsystem mit Positionsanzeige und Umschaltungsmöglichkeit für Radius- oder Durchmesserdrehen.

Zu einer Drehmaschine gehören ein oder zwei Sätze mit Drehmeisseln. Wenn der Geldbeutel es erlaubt, sollte ein Satz Wendeschneidplatten mit den dazu passenden Klemmhaltern beschafft werden.

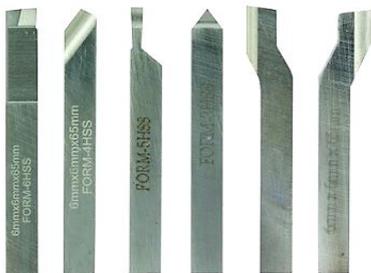


Abb. 17: HSS Drehmeisselsatz



Abb. 18: Meisselset mit Wendeschneidplatten

Müssen Gewinde gefertigt werden, so kauft man sich am Besten einen Satz Wendeschneid-

² Weitere Hinweise zum Schleifen unter: http://chsunier.ch/Technik/05_Maschinen/maschinentchnik.htm

platten.³

3 Steckdosen- und Beleuchtungsinstallation

Erfahrungsgemäss sind in einem "Basterraum" zuwenig Steckdosen oder die falschen Steckdosen vorhanden oder sie sind an einem ungeeigneten Ort montiert. Die Steckdoseninstallation muss deshalb an die aktuellen Bedürfnisse angepasst werden. Dazu ist eine Elektrofachkraft erforderlich. Dasselbe gilt bei der Beleuchtung, die oft unzureichend ist oder anders ausgelegt werden muss.

3.1 Steckdoseninstallation

Für unserer Bedürfnisse als Heimwerker benötigen wir vorwiegend einphasige Steckdosen für 230 V. Vorteilhaft sind Steckdosen, die für eine Stromstärke von 16 A bemessen sind. Ab und zu benötigen wir auch eine dreiphasige Steckdose (abhängig vom Verwendungszweck mit oder ohne Neutralleiter). In Summe kommen nach dem in der Schweiz (CH) gültigen Standard u.a. folgende Steckdosentypen in Betracht:

- CH-Steckdose LNPE Typ 13 (10 A) oder Typ 23 (16 A)
- CH-Steckdose 3LNPE Typ 15 (10 A) oder Typ 25 (16 A)
- CEE-Steckdose LNPE 16 A
- CEE-Steckdose 3LNPE 16 A (eventuell kombiniert mit Typ 25)



CEE-Steckdose 230 V
LNPE 16 A



CH-Steckdose 3 x T13
LNPE 10 A



CH-Steckdose T25
3LNPE 16 A



CEE-Steckdose 3x400 V (ohne N-Leiter)
3LPE 16 A



Kombisteckdose CEE 3x400/230 V (mit N-Leiter) und T25
3LNPE 16 A

Abb. 19: Steckdosen (spritzwassersicher) für Aufputz-Montage

³ Weitere Hinweise zum Gewindedrehen unter:
http://chsunier.ch/Technik/05_Maschinen/maschinentechnik.htm

Aufgrund des Layouts (Maschinen, Werkbänke) kann es sinnvoll sein, anstelle einzelner Steckdosen einen oder mehrere Steckdosenverteiler zu montieren. Abhängig von der Leitungslänge (Hausverteilkasten bis zur Steckdose) und der Verlegeart (Installationsrohr, Kanal usw.) ist der zulässige Leiterquerschnitt zu bestimmen. Der Spannungsabfall soll 3 % nicht überschreiten.

Als Mieter sind wir in diesen Dingen auf das Goodwill des Eigentümers angewiesen. Es wäre unklug, eine neue Leitung zu verlegen ohne vorherige Absprache mit dem Vermieter.

Nach erfolgter Installation sind die üblichen Prüfungen und Messungen für eine Abnahmekontrolle durchzuführen, darunter:

- Sichtprüfung
- Schutzleiterprüfung
- Prüfung der Schutzorgane
- Prüfung der Drehrichtung
- Isolationsmessung

Die Aufschaltung der Polleiter bei dreiphasigen Steckdosen erfolgt (mit Blick auf die Steckdose) im Uhrzeigersinn. Damit soll gewährleistet sein, dass Elektromotoren im Rechtslauf betrieben werden. Um Fehler auszuschliessen wird eine Drehfeldkontrolle durchgeführt. Ist das Drehfeld verkehrt, so werden in der Steckdose zwei Polleiter vertauscht.



Abb. 20: Drehfeldprüfgerät



Abb. 21: Drehstromadapter 16 A

Steckdosenkreise bis 32 A müssen als zusätzliche Schutzmassnahme mit einem Fehlerstromschutzschalter ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) geschützt werden.⁴ Bei einer Installationserweiterung muss auch der FI-Schutzschalter geprüft werden. Diese Prüfung darf nur von einer Elektrofachkraft mit Kontrollbewilligung vorgenommen werden.

3.2 Beleuchtungsinstallation

Für eine mechanische Werkstatt ist eine mittlere Beleuchtungsstärke von 500 Lux angemessen. Für Feinarbeiten an elektronischen Schaltungen sind 750 Lux sinnvoll. In diesem Fall wird

⁴ NIN 4.1.1.3.3

zusätzlich zur Raumbelichtung (Deckenleuchten) eine separate Tischleuchte montiert.

Die erforderliche Leuchtenzahl wird mit folgender Formel bestimmt:

$$n = \frac{\bar{E} \cdot A}{\Phi_L \cdot \eta_B \cdot WF}$$

| | |
|----------|---|
| n | Leuchtenzahl |
| E_m | Mittlere Beleuchtungsstärke |
| A | Fläche des Raumes ($A = a \cdot b$) |
| Φ_L | Lichtstrom Leuchte |
| η_B | Beleuchtungswirkungsgrad |
| WF | Wartungsfaktor (0,8 für Räume mit leichter Verschmutzung) |

Um die obige Formel richtig anzuwenden, sollte das *Wirkungsgradverfahren* bekannt sein. Nebst den technischen Angaben des Leuchtenherstellers wird ein geeignetes Tabellenbuch benötigt.

Gute Erfahrungen gesammelt hat der Schreibende mit den folgenden Tabellenwerken:

- Tabellenbuch Elektrotechnik (Europa Lehrmittel)
- Elektronik Tabellen - Betriebs- und Automatisierungstechnik (Westermann)
- Friedrich Tabellenbuch – Elektrotechnik / Elektronik (Bildungsverlag EINS)

4 Materialbeschaffung

Eine nützliche Bezugsquelle ist die Internetbörse eBay.

Nachfolgend werden Lieferanten aufgelistet, die dem Schreibenden aus seiner beruflichen Praxis bekannt sind.

4.1 Betriebseinrichtungen, Werkzeuge und Hilfsmittel

- <https://www.werchzueglade.ch/>
- SFS unimarket AG: <https://www.sfs.ch/de/>
- Brütsch/Rüegger Werkzeuge AG: <https://www.brw.ch/de>
- Manser Group AG: <https://www.manserag.com/>
- Debrunner Acifer AG: <https://www.d-a.ch/da/de/index.html>

Auch in den Baumärkten von Coop (Bau + Hobby), Migros (Do it + Garden), Jumbo, Bauhaus, Hornbach oder Obi findet man qualitativ befriedigende Artikel.

4.2 Elektrische Messgeräte

- Distrelec AG: <https://www.distrelec.ch/d>
- Conrad Electronic AG: <https://www.conrad.ch/de/>
- Reichelt elektronik GmbH & Co. KG: <https://www.reichelt.com/ch/de/>