

Platinenätzer und Belichter dürfen erst nach einer Einweisung durch einen Betreuer verwendet werden. Bei Interesse einfach nachfragen, wir erklären alles. Nachdem ihr es erfolgreich gemacht habt, unterschreibt ihr die Einweisung und dann dürft ihr auch alleine ran.

1 Regeln und Hinweise

- Im Zweifelsfall Anleitung beachten
- Belichter nur geschlossen betreiben
- Solange das Ätzgerät geöffnet ist, Belüftung ausschalten, um Spritzer zu vermeiden
- **Schutzbrille tragen**, solange mit der Platine hantiert wird oder der Ätzer offen ist
- Beim Arbeiten mit Chemikalien:
 - Niemals Handschuhe tragen, diese täuschen nur Sicherheit vor.
 - Tropfen und Spritzer von Chemikalien sofort abwischen
 - Entsorgungshinweise beachten (stehen auf der jeweiligen Flasche).
 - Bei Hautkontakt: Sofort mit viel Wasser abwaschen. Bei Hautreaktion Arzt konsultieren.
 - Bei Augenkontakt: Augen bei geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten unter fließendem Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

2 verwendete Materialien

- Bungard BEL 160×100×1,5mm Photoplatine mit 35 μ m Kupfer sowie Photolack und Schutzfolie
- Natriumhydroxid Lösung (10g auf 1l Wasser)
- Natriumpersulfat Lösung (400g auf eine Füllung von Reichelt ÄTZGERÄT 1, also ca. 1,75l Wasser)
- Bungard SurTin chemische Verzinnungslösung, fertig angesetzt

3 Layout

- Am PC wird, z.B. mit KiCad (kostenlos), Eagle oder Altium, ein Layout erstellt.
- Design Rules (Mindestwerte) siehe Webseite
- grobe Näherung: Leiterbahnbreite und Abstand mindestens 10 mil (0,25mm). Abstand wichtiger Leiterbahnen zum Rand ca. 3mm. Mit einem besseren Drucker und evtl. leicht anderem anderem Vorgehen lassen sich auch Platinen bis 8 mil fertigen.
- Anforderungen an die Datei siehe 5.2

4 Kosten

Du zahlst im Kassenterminal nur den Preis für die benutzte Platine. (ca. 5 € für eine doppelseitige 160x100mm Platine) Darin einberechnet ist das Platinenmaterial, die Benutzung von Ätzbad und Verzinnung und normaler Bohrerverschleiß. Nicht eingeschlossen sind Durchkontaktierungsnieten, abgebrochene Bohrer und Lötstopplamine.

Wenn du dein eigenes Platinenmaterial mitbringst, zahlst du trotzdem etwas fürs Ätzen. Sparen tust du damit also nichts.

Platine im Lab erworben:	bis 5€ für 160x100mm doppelseitig
selbst mitgebracht	3€ (lohnt sich nicht!)

zuzüglich: Durchkontaktierungen	0,05 € pro Stück
zuzüglich: abgebrochene Bohrer	je nach Art, siehe Bohrerschachtel im Schrank. HSS etwa 50ct, VHM etwa 1€

5 Einseitige Platinen

Arbeitsschritte

5.1 Vorbereiten	2
5.2 Ausdrucken des Layouts	2
5.3 Zusägen (wenn nötig)	3
5.4 Belichten	3
5.5 Entwickeln	4
5.6 Ätzen	4
5.7 Entschichten	5
5.8 Verzinnen	5
5.9 Bohren	6
5.10 Abschluss	7

5.1 Vorbereiten

Ätzbad und Verzinnungsbad einschalten. Geld für die Platine bezahlen. **TODO:** Verzinnungsbad außer Betrieb, Anschalten/Einfüllen erklären

5.2 Ausdrucken des Layouts

Das Layout wird auf A4 Papier mit sehr hoher Tonerdeckung ausgedruckt.

- Doppelseitige Layouts: Oberseite muss bei KiCAD gespiegelt gedruckt (Druckeinstellungen KiCAD beachten) werden, am besten mit Text überprüfen. Unterseite nicht gespiegelt.
- Layout mit hoher Tonerdeckung (kein Eco-Mode) spiegelverkehrt auf Papier ausdrucken. Üblicherweise (KiCAD, Eagle) wird dabei die Lötseite (Unterseite) so gedruckt, wie sie auf dem Bildschirm angezeigt wird. Bei doppelseitigen Platinen kommt noch die Bestückungsseite (Oberseite) hinzu, diese wird im Vergleich zur Bildschirmanzeige gespiegelt.
- Text, der am Ende lesbar sein soll, muss auf dem Papier spiegelverkehrt sein.

5.3 Zusägen (wenn nötig)

- Wenn nötig: Platine mit Säge zusägen. Blaue Schutzfolie noch drauf lassen!
- Wenn die Platine flächig in einen Schraubstock eingespannt wird, muss dieser Gummibacken haben, ansonsten wird die Photoschicht beschädigt.
- Wenn mit der Laubsäge gesägt wird (für feine Schnitte):
 - Vorsicht, die Laubsäge sägt nie ganz gerade, wenn sie schief sägt, einfach gegenlenken.
 - Laubsägeblatt nach dem Sägen wieder an einer Seite der Säge ausspannen, sonst verbiegt sich die Laubsäge.
- Sägekante mit Feile entgraten, damit keine Fransen nach oben überstehen und für Unschärfe am Rand sorgen.

5.4 Belichten

Beim Belichten wird der Photolack durch UV-Bestrahlung an den Stellen, an denen am Ende keine Leiterbahn sein soll, chemisch umgewandelt.

- warten bis beim Ätzer mindestens 35°C erreicht sind (Aufheizzeit ca 30min)
- Belichter ausschalten, Belichterdeckel öffnen
- obere Glasscheibe hochklappen. Wenn es schwer geht, dabei die „Öffnen“-Taste gedrückt halten.
- Blaue Schutzfolie von der Platine abziehen
- Platine mit der Photoschicht nach oben auf die untere Glasscheibe legen
- Darauf das ausgedruckte Platinenlayout legen. Die bedruckte Seite muss direkt auf der photobeschichteten Seite der Platine liegen, ansonsten ist es spiegelverkehrt und leicht unscharf!
- Platine mit Layout im Belichter positionieren: ausreichend Abstand vom Rand des Belichters halten.
- Obere Glasscheibe herunterklappen
- Belichter einschalten. Warten bis die Druckanzeige beim Enddruck (-0,3 bar) angekommen ist, jetzt ist das Layout an die Platine angedrückt.

- Deckel schließen
- Empfohlene Belichtungszeit nachlesen (steht normalerweise beim Belichter auf einem Aufkleber)
- Belichtungszeit einstellen: Knopf 1 Schritt drehen, Sekunden-Anzeige blinkt.
- Sekunden (Einerstelle) einstellen, Knopf drücken.
- Sekunden (Zehnerstelle) einstellen, Knopf drücken.
- Minuten einstellen, Knopf drücken.
- Jetzt blinken alle drei Stellen. Knopf drücken zum Starten, drehen zum Ändern.
- Die Zeit läuft. Zum Pausieren und Fortsetzen drücken.

5.5 Entwickeln

Beim Entwickeln wird der belichtete Photolack chemisch umgewandelt und abgewaschen.

- Schutzbrille aufsetzen
- Kunststoffschale und Flasche mit Natriumhydroxidlösung holen
- Wenn nur noch eine Flasche NaOH-Lösung vorrätig ist, Betreuer benachrichtigen, damit rechtzeitig Nachschub angemischt wird
- Papiertücher bereitlegen
- Platine aus Belichter entnehmen, in Schale mit Photoseite nach oben legen, etwas NaOH-Lösung rein, damit die Platine bedeckt ist
- ca. 20-30s schwenken bis keine neue braune Färbung mehr entsteht
- Platine mit Kunststoffpinzette aus dem Entwickler entnehmen (zur Not auch mit der Hand) und sofort abwaschen, dabei unter fließendem Wasser vorsichtig mit dem Daumen abreiben, damit sich letzte Stücke des Photolacks lösen können.
- Der benutzte Entwickler kann später beim Entschichten nochmal verwendet werden. Soll nicht entschichtet werden, die Schale ausgießen, gründlich abwaschen und zum Trocknen stellen.
- Der Entwickler ist Lauge und entfettet daher die Hände, bzw. greift die Haut leicht an, daher ggf. nach dem Entwickeln Hände waschen und mit einer kleinen Menge Hautcreme eincremen. Die Creme steht beim Waschbecken.

5.6 Ätzen

Beim Ätzen wird die Kupferschicht an den belichteten und entwickelten Stellen entfernt. Leiterbahnen sind durch Photolack geschützt.

- Warten, bis Ätzbad 40°C erreicht hat

- Schutzbrille aufsetzen
- Ätzgerät ausschalten, damit keine Spritzer den Tisch versiffen
- Platinenhalter aus Ätzbad entnehmen, diesen mit Wasser abspülen, beim Transport zum Waschbecken bitte eine Schale drunter halten, damit nichts auf den Boden tropft
- Platine mit der Photoseite nach vorne (so, dass man beim Ätzen auch etwas sieht) in Halter klemmen, falls die Breite nicht passt, Halterarm verschieben. Wenn der Halterarm schwergängig ist, Schraube etwas lösen und so lassen.
- Halter in das Ätzbad stellen, Gerät wieder anschalten
- Jetzt darf die Schutzbrille wieder abgenommen werden.
- Ätzvorgang regelmäßig beobachten: Erst werden die zu ätzenden Stellen rosa (Kupferschicht wird dünner), schließlich werden sie grünlich und Licht kann durch die Platine durchscheinen (Kupferschicht ist weg).
- Unterbrechen ist möglich, wenn man die Platine herausnimmt und gründlich abwäscht.
- Sobald alle Stellen weggeätzt sind, sich nichts mehr tut, oder Leiterbahnen angefressen werden, den Ätzvorgang beenden:
 - Schutzbrille aufsetzen
 - Ätzgerät ausschalten
 - Platinenhalter mit Platine entnehmen, mit Wasser abspülen

5.7 Entschichten

Beim Entschichten wird der Photolack auf den Leiterbahnen entfernt, damit man sie löten, durchkontaktieren und verzinnen kann.

- Schutzbrille aufsetzen
- Wenn du die Platine nicht in Kürze (wenige Tage) löten, aber nicht verzinnen willst, solltest du vor diesem Schritt aufhören. Zu Hause kannst du den Photolack dann auch mit Aceton und einem Küchentuch entfernen.
- Platine (ohne Papier dazwischen) nochmal 2 Minuten belichten.
- in Schale legen, mit der vorher aufgehobenen NaOH-Lösung schwenken bis keine braune Farbe mehr kommt
- Schale in Waschbecken entleeren; Platine und Schale abspülen

5.8 Verzinnen

das Verzinnungsbad arbeitet bei 30-40° ideal.

TODO: Zinnbad ist außer Betrieb, neues Zinnbad bauen und Benutzung erklären.

- da sich Ätzbad und Verzinnung gegenseitig zerstören, muss die Platine vor dem Verzinnen auf jeden Fall gründlich abgewaschen und ggf. mit Aceton oder der Entwicklerlösung, die zum Entschichten verwendet wurde entfettet werden
- Platine danach nicht mehr mit den Fingern auf den Flächen anfassen, da Fett verhindert, dass sich Zinn abscheiden kann. Die Platine wird dann unansehnlich und der Zinnfilm hält nicht richtig
- Die Platine sollte direkt nach den vorherigen Arbeitsschritten verzinkt werden, nicht erst Stunden später. Ansonsten muss sie nochmals kurz angeätzt werden (30 Sekunden ins warme Ätzbad), um störende Oxide auf der Kupferschicht zu entfernen.
- Doppelseitige Platinen:
- gereinigte und ggf. durchkontaktierte Platine wie beim Ätzbad in den Halter klemmen und im Zinnbad versenken
- nach etwa einer Minute herausnehmen, Schüssel darunterhalten und abwaschen. (Schüssel auswaschen nicht vergessen)
- die Zinnschicht sollte sich nicht mehr mit einem Lappen abreiben lassen, dann ist die Platine fertig
- nach getaner Arbeit beide Bäder und Blubberpumpen wieder ausschalten (Schalter an der Steckdose/Steckleiste verwenden)

verzinte Platinen können gelagert und später gelötet werden, da das Zinn dafür sorgt, dass die Platine nicht mehr vom Luftsauerstoff angegriffen werden kann.

5.9 Bohren

Es wird empfohlen, vor dem Bohren zu entschichten. Bei anderer Reihenfolge gibt oft unschöne Photolackreste an Lochrändern.

- Proxxon Feinbohrgerät verwenden (siehe nächster Abschnitt).
- Vorsicht, der Arretierungsknopf vorne am Gerät darf nur bei Stillstand betätigt werden, sonst geht es kaputt!
- Wenn du das Gerät von Hand hältst (nur für Fortgeschrittene): Darauf achten, dass das Gerät senkrecht zur Platine gehalten wird, damit der Bohrer nicht abbricht. Beim Bohren ein Stück Holz unterlegen.
- Die Lampe anschalten oder gleich den ganzen Bohrstander ans Fenster stellen: mit richtigem Licht geht es deutlich einfacher, die Löcher zu treffen
- Bohrstander so einstellen, dass die Höhe stimmt und der Bohrer nicht in das Metall des Bohrstanders bohrt
- alle normalen Löcher (ICs, Widerstände) mit 0,8mm oder 0,9mm Bohrer bohren, Stifteleiste mit mindestens 0,9mm

- Durchkontaktierungen nur mit dem 0,9mm VHM(!)-Bohrer bohren
- Dann größere Löcher bohren (bis 3mm mit der Proxxon, alles weitere mit der Standbohrmaschine)

5.9.1 Bohrerwechsel beim Proxxon Feinbohrgerät

- ausschalten, Gerät aus Bohrständer ausbauen
- Arretierungsknopf drücken und Spannzange abschrauben (von Hand oder mit dem danebenliegenden Spezialschlüssel)
- Spannzange und Bohrer entnehmen, neuen Bohrer und dazu passende Spannzange einsetzen.
- Spannzange festschrauben (nur von Hand, um übermäßige Kraft zu vermeiden – nicht mit Werkzeug festziehen!!)
- Gerät wieder in Schraubstock einbauen.
- Bohrständer so einstellen, dass die Höhe stimmt und der Bohrer nicht in das Metall des Bohrständers bohrt

5.9.2 Bohren mit VHM-Bohrern

Achtung: VHM-Bohrer (VollHartMetall) brechen sehr sehr leicht ab und sind auch deutlich teurer (ca. 1€/Stück) als ein normaler (HSS) Bohrer, dafür verschleifen sie quasi nicht und bohren viel sauberere Löcher. Für die Durchkontaktierungen bei doppelseitigen Platinen ist der VHM-Bohrer unumgänglich.

- die VHM-Bohrer sind in einer Extrakiste im Schrank und müssen nach Gebrauch *sofort* wieder zurück in die Kiste
- ACHTUNG: mit VHM-Bohrern ist kein Aufbohren (Vergrößern vorhandener Löcher) möglich, der Bohrer bricht sofort ab!
- Bohrerwechsel wie unter "Bohren" angegeben durchführen (größte vorhandene Spannzange verwenden) und gewünschten Bohrer einspannen
- Für Durchkontaktierungen (Vias) wird der 0,9mm Bohrer benötigt.
- beim Bohren nicht wackeln oder die Platine verschieben
- Platine gut festhalten, der Bohrer rupft ein kleines bisschen beim Durchtritt durch das Platinenmaterial
- Bohrer nach der Arbeit IMMER wieder AUSSPANNEN und AUFRÄUMEN!!

5.10 Abschluss

- Bezahlen
- Geräte ausschalten

- Aufräumen: Bitte verlasse die Werkstatt etwas ordentlicher, als du sie vorgefunden hast: Räume herumliegendes Werkzeug auf, entferne Dreck von der Werkbank und werfe Müll weg.
- Vielen Dank und viel Spaß mit deiner Platine.

6 doppelseitiges Layout

Das Vorgehen ist ähnlich wie beim einseitigen Layout im vorherigen Abschnitt, jedoch mit leichten Änderungen. Man sollte vorher das Vorgehen bei einseitigen Platinen verstanden haben.

Arbeitsschritte

6.1	Vorbereiten	9
6.2	Ausdrucken des Layouts	9
6.3	Zusägen	10
6.4	Belichten	10
6.5	Entwickeln	10
6.6	Ätzen	10
6.7	Entschichten	10
6.8	Bohren	10
6.9	Durchkontaktieren mit der DuKo-Pressen	11
6.10	Verzinnen	11
6.11	Abschluss	11

6.1 Vorbereiten

siehe 5.1

6.2 Ausdrucken des Layouts

Grundsätzlich wie in 5.2, aber mit der Besonderheit, dass zwei Lagen ausgedruckt und zueinander positioniert werden müssen:

6.2.1 Tasche falten

- die beiden Layouts sollten schon am PC für doppelseitige Fertigung vorbereitet werden (z.B. PDF oder PS mit Inkscape bearbeiten), d.h. beide auf einem Blatt und eines um 180° gedreht, damit sich das Blatt so falten lässt, dass beide Layouts übereinander liegen.
- im Gegenlicht (z.B. am Fenster) die beiden Layouts übereinander positionieren, dass sie deckungsgleich werden und aufeinander zu zeigen: Blatt in der Mitte umfalten (noch nicht knicken) und vom oberen Rand aus die Seiten auf Deckung aufeinanderschieben.
- Blatt in der Mitte knicken und den Knick anreiben (falzen) dabei immer die Deckung kontrollieren.
- je genauer die beiden Seiten übereinander positioniert werden, desto besser wird die Platine, daher hier präzise arbeiten!

6.2.2 alternativ: zwei Blätter zusammenkleben

Alternativ kann man Ober- und Unterseite auf zwei getrennte Blätter Papier ausdrucken und diese dann mit Tesa zueinander positionieren. **TODO:** Wie macht man das am besten? Tipps?

6.3 Zusägen

siehe 5.3

6.4 Belichten

wie 5.4, jedoch muss zusätzlich folgendes beachtet werden:

- Tasche in den Belichter legen und wieder etwas auffalten, dabei nicht den Falz beschädigen
- Der Falz muss nach hinten, also in Richtung Scharnier des Belichters zeigen
- Platine auf das Papier legen und Tasche zuklappen und glattstreichen
- Beim Belichter den Schalter für die Lampen auf "beide Lampen" stellen.
- Scheibe vorsichtig herunterklappen, einschalten und Vakuum abwarten, dabei kontrollieren, ob sich etwas verschiebt.
- wenn nicht, Belichter starten und Belichten (wie bei einseitigen Platinen)

6.5 Entwickeln

Wie 5.5, aber die Platine bereits nach der halben Zeit wenden und weiter schwenken, um auch die Rückseite gleich gut zu entwickeln. Eventuell etwas mehr Entwickler als bei einseitigen Platinen verwenden.

6.6 Ätzen

siehe 5.6

6.7 Entschichten

Wie in 5.7 vorgehen.

Dann die Platine abtrocknen, da es jetzt – anders als bei einseitigen Platinen – mit dem Bohren weitergeht.

6.8 Bohren

Das Vorgehen ist wie in 5.9. Für Durchkontaktierungen müssen auf jeden Fall die VHM-Bohrer verwendet werden!

6.9 Durchkontaktieren mit der DuKo-Press

Im FabLab verwenden wir genietete Durchkontaktierungen, da chemisches Durchkontaktieren sehr teuer und aufwändig ist. Die Presse nietet Hohlketten durch vorher gebohrte Löcher in der Platine. Das Werkzeug der DuKo-Press ist recht teuer (fast 100€!), daher bitte mit Sachverstand vorgehen und bei Zweifel lieber fragen.

- Platine muss vor dem Durchkontaktieren entschichtet und sauber sein, aber noch nicht verzinkt!
- Die Dose mit den Ketten nicht offen stehen lassen, die Ketten sind bei einem Wackler an der Dose weg oder verbiegen beim Herunterfallen. Heruntergefallene Ketten dürfen nicht wieder zurückgefüllt werden, sondern müssen bezahlt und getrennt gesammelt werden.
- Niet in die Platine einsetzen oder mit der flachen Seite auf das untere Werkzeug der Presse aufsetzen
- Platine in die Presse legen (flache Seite der Niete nach unten) oder Platine auf den Niet aufsetzen und andrücken
- Die flache Seite des Niets bleibt auch flach, die andere ist etwas dicker. Wenn Durchkontaktierungen unter SMD-ICs sitzen, muss die flache Seite beim IC sein, damit die DuKo nicht im Weg ist.
- Vernieten: dazu kontrollieren, dass der Niet oben aus der Platine herauschaut und danach den Hebel der Presse bis auf den Anschlag herunterdrücken
- Die Durchkontaktierung ist jetzt fertig, mit nächster weitermachen

6.10 Verzinnen

Bei doppelseitigen Platinen wird erst ganz am Ende verzinkt, damit die Durchkontaktierungen chemisch verbunden werden. Deshalb ist jetzt zusätzlicher Aufwand nötig, um Fingerabdrücke zu entfernen.

- Platine in etwas Entwicklerlösung schwenken
- kräftig abspülen, dabei nicht mehr mit den Fingern auf die Kupferschicht langen!
- Verzinnen wie in 5.8 beschrieben

6.11 Abschluss

Genau wie bei einseitigen Platinen:

- Bezahlen
- Geräte ausschalten
- Aufräumen: Bitte verlasse die Werkstatt etwas ordentlicher, als du sie vorgefunden hast: Räume herumliegendes Werkzeug auf, entferne Dreck von der Werkbank und werfe Müll weg.
- Vielen Dank und viel Spaß mit deiner Platine.

7 Wartungsarbeiten (nur Betreuer)

7.1 Wechseln der Ätzlösung (nur Betreuer)

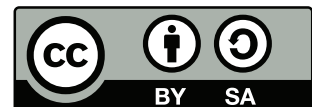
- Dies ist normalerweise nicht erforderlich, und nur Betreuern erlaubt, um Verschwendung zu vermeiden.
- Die Ätzlösung ist verbraucht, wenn sie deutlich blau gefärbt ist *und* das Ätzen sehr lange dauert *und* die Ergebnisse nicht mehr zufriedenstellend sind (Unterätzung am Rand von Leiterbahnen, kein schnelles Anätzen blanker Kupferstellen).
- Ätzer ausschalten
- Heizung, Thermometer, Platinenhalter raus und abwaschen
- Ätzer mit Trichter in den Behälter „kupferhaltige, saure Abfälle“ entleeren
- Wenn der Behälter mehr als halb voll ist, Philipp benachrichtigen
- Ätzer auswaschen
- Schale, in der der Ätzer normalerweise steht, abwaschen
- Heizer und Thermometer rein
- 400g Na-Persulfat-Pulver (zwei Drittel einer Packung ÄTZMITTEL 600G von Reichelt) mit Papiertrichter in Ätzer einfüllen (normaler Trichter ist zu eng)
- Mit dem Becherglas Wasser auffüllen, es etwa 1cm unter dem Ablaufrohr steht
- Einschalten, warten, ab und zu mit Glas- oder Plastikstab rühren
- Sobald keine festen Teilchen mehr zu sehen sind und die Flüssigkeit klar aussieht, kann der Ätzer wieder normal benutzt werden. Eine eventuelle dunkelgraue Färbung der Flüssigkeit kann dabei ignoriert werden, sie verschwindet nach den ersten Benutzungen.

8 Copyright

Verbreiten und Bearbeiten dieser Inhalte ist ausdrücklich erwünscht, du musst (in der Regel) nur

- Quelle und Lizenz korrekt angeben, wie etwa:
FAU FabLab et al.: Einweisung Platinenätzer, <https://github.com/fau-fablab/platinenaetzer-einweisung>,
Lizenz CC-BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.
- das neue (gesamte) Dokument auch unter dieser Lizenz veröffentlichen.

Dieses Dokument „Einweisung Platinenätzer“ des FAU FabLab und weiterer Autoren ist, bis auf besonders gekennzeichnete Stellen, lizenziert unter einer *Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported* Lizenz. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.



Quelltext und Liste der Autoren auf GitHub: <https://github.com/fau-fablab/platinenaetzer-einweisung>.
Verbesserungsvorschläge gerne auch an kontakt@fablab.fau.de.

Hinweis zu Sicherheitseinweisungen: Bitte beachte, dass Arbeitsschutz nicht per Copy-Paste erledigt werden kann, sondern jede Einweisung kritisch überprüft und auf den jeweiligen Einsatzzweck angepasst werden muss.