

# PRAKTIKUMSBERICHT

über ein

**9-wöchiges Fertigungspraktikum  
vom 01.07.2002 bis 30.08.2002**

bei der

**Kinshofer Greiftechnik GmbH  
Hauptstraße 76  
Marienstein  
83666 Waakirchen**

- 1. Einleitung — Der Betrieb**
- 2. Spanende Fertigungsverfahren**
  - Drehen eines Übungsstücks
  - Fertigen eines Schonhammers
  - Fertigen verschiedener Bolzen
  - Fertigen von Teilen für eine Vorrichtung
- 3. Umformende Fertigungsverfahren**
  - Biegen, Abkanten und Rollen
  - Richten mit hydraulischen Pressen
  - Stanzen und Ausklinken
- 4. Füge- und Trennverfahren**
  - Lichtbogenschweißen (MAG)
  - Hartlöten
  - Brennschneiden
- 5. Montage, Zusammenbau, Integration**
  - Montage von Kranaufhängungen für Palettengabeln
  - Zusammenbau einer neuen Schweißvorrichtung
  - Zerlegen, Instandsetzen Zusammenbauen eines Hydraulikzylinders
  - Zusammenbau eines hydraulischen Zweischalengreifens
- 6. Anhang: Auflistung der durchgeführten Tätigkeiten**

## 1. Einleitung — Der Betrieb

Die Kinshofer Greiftechnik GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen und stellt eine breit gefächerte Produktpalette an hydraulischen Greifern und anderen Anbaugeräten für Bagger, Kräne und Gabelstapler sowie hydraulische Drehmotoren für diese Greifer her. Am Hauptsitz des Unternehmens bei Waakirchen sind etwa 200 Personen beschäftigt. Ich konnte dort neun Wochen lang Einblick in verschiedene Bereiche der industriellen Fertigung nehmen. Davon entfielen fünfeinhalb Wochen auf spanende Fertigungsverfahren, die ich in der Lehrwerkstatt des Betriebs kennen lernte. Eineinhalb Wochen verbrachte ich in der Teilefertigung mit umformenden Fertigungsverfahren und weitere zwei Wochen im Prototypenbau, wo ich in den Bereichen thermische Füge- und Trennverfahren sowie Montage und Zusammenbau tätig war.

## 2. Spanende Fertigungsverfahren

Da die spanende Bearbeitung den Hauptteil des Praktikums bildete, kann ich in diesem Bericht nicht auf alle Einzelheiten dieses Bereichs eingehen. Daher beschreibe ich exemplarisch die komplette Fertigung einiger interessanter Teile, die ich unter Anderem hergestellt habe.

Eines der wichtigsten spanenden Verfahren ist das Drehen, welches auch in meinem Praktikum verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nahm. Als ich nach einigen Wochen bereits etwas Erfahrung auf diesem Gebiet gesammelt hatte, skizzierte mir der Ausbilder ein Übungsstück, das ich dann unter Beachtung der richtigen Drehzahlen und Vorschubgeschwindigkeiten möglichst selbständig fertigen sollte (Abb. 1).

Als Werkstoff wurde hierfür Automatenstahl (9S20k) gewählt, da dieser besonders gut zerspanbar ist. Zunächst sägte ich von einem Stück Rundmaterial mit 30 mm Durchmesser etwa 102 mm ab und entgratete es an einem Ende mit der Feile, um es im Futter der Drehmaschine sicher spannen zu können. Dann wurde das Teil auf beiden Seiten plan gedreht und dabei die Länge mehrmals mit dem Messchieber

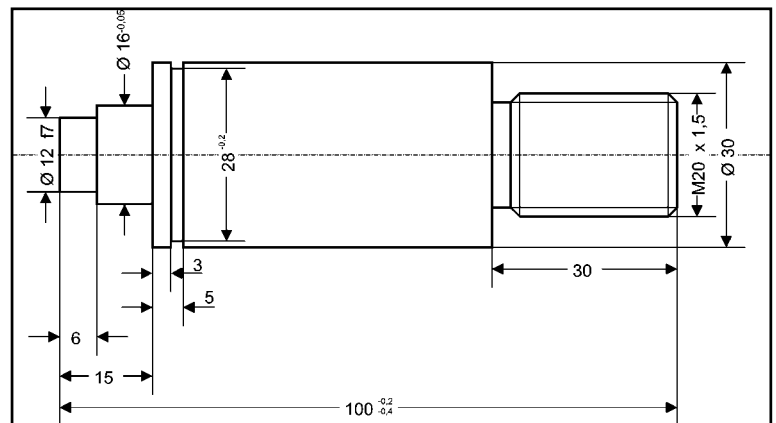


Abb. 1: Übungsstück zum Drehen

kontrolliert, bis 99,7 mm erreicht waren (Mitte der angegebenen Toleranz). Da-

zu wurde ein Drehmeißel zum Plandrehen eingespannt und exakt auf Höhe der Mitte des Werkstücks ausgerichtet. Als Nächstes wurde ein zum Längsdrehen geeigneter Drehmeißel verwendet, um den in der Zeichnung links dargestellten Teil des Werkstücks zu bearbeiten. Um beim Längsdrehen eine hohe Oberflächengüte zu erzielen, wird nach der groben Materialabnahme (Schruppen) der letzte Schnitt mit erhöhter Drehzahl und verringertem Vorschub durchgeführt (Schlichten). Die hier angegebene Toleranz von  $-0,05$  mm erforderte bereits ein sehr feinfühliges Zustellen sowie das Messen mit einer Bügelmessschraube, die eine Ablesegenauigkeit von  $0,01$  mm bietet. Bei der genormten f7-Passung (in der Zeichnung ganz links) beträgt der Toleranzbereich in diesem Fall nur noch  $0,018$  mm. An die entstandenen Kanten wurde eine  $0,5$  mm breite  $45^\circ$ -Fase gedreht und deren Kanten zusätzlich mit der Feile entgratet. Für den  $2$  mm breiten Einstich verwendete ich einen  $1,3$  mm breiten Drehmeißel, wodurch neben dem Zustellen auf den richtigen Durchmesser außerdem ein von Hand ausgeführter Vorschub um  $0,7$  mm notwendig wurde.

Um das Gewinde drehen zu können, wurde das Werkstück umgespannt und zunächst auf  $30$  mm Länge auf einen Durchmesser von  $20$  mm überdreht. Anschließend wurde ein normgerechter Freistich erstellt und ein Gewindedrehmeißel eingespannt, mit dem sich der für metrische Gewinde nötige Spitzenwinkel von  $60^\circ$  ergibt. An der Drehmaschine wählte ich einen Vorschub von  $1,5$  mm pro Umdrehung (Gewindesteigung) und die für ein Rechtsgewinde erforderliche Vorschubrichtung und stellte die Maschine so ein, dass der Vorschub über Leitspindel und Schlossmutter erfolgte. Unter

Verwendung von Schneidöl und mit geringer Drehzahl entstand dann in mehreren Schnitten mit geringer Zustellung um jeweils 0,05 bis 0,2 mm das Gewinde, das ich abschließend mit einem Lehr-ring prüfte.

Eine weitere Übung zum Drehen und insbesondere auch Feilen war das Fertigen eines Schonhammers (Abb. 2 und 3). Für den Hammerkopf wurde ein Stück Automatenstahl auf Länge plan gedreht und an beiden Enden die Durchmesser und Freistiche für die Gewinde gedreht. Da diese Gewinde mit dem Schneideisen aufgeschnitten werden sollten, was in der Praxis zu einem leichten „Aufschneiden“ der Gewindespitzen führt, wurde für das M12-Gewinde ein Durchmesser von nur 11,9 mm gewählt. Um das Schneideisen präzise ansetzen zu können, wurde es in den Reitstock der Drehma-

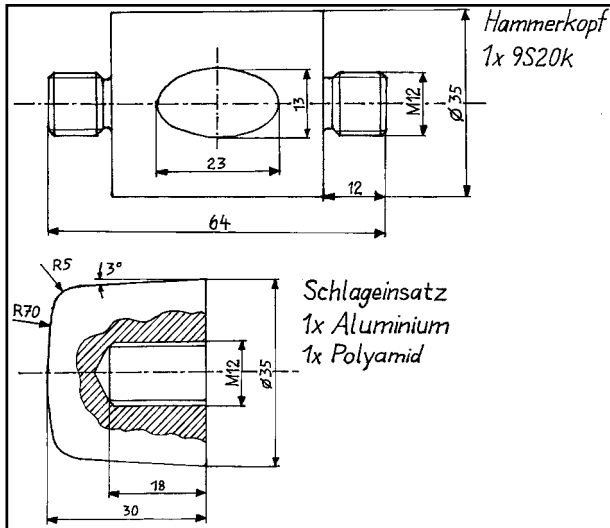


Abb. 2: Teile für den Schonhammer



Abb. 3: Der fertige Hammer

schine eingespannt. Mit Hilfe einer speziellen Vorrichtung zum radialen Bohren wurden dann symmetrisch zur Mitte des Hammerkopf zwei parallele Durchgangsbohrungen mit 9mm Durchmesser in 13 mm Abstand zueinander angerissen, angekört und auf der Säulenbohrmaschine gebohrt. Neben der Verwendung von Kühlschmiermittel ist auch beim Bohren auf die richtige Schnittgeschwindigkeit bzw. Drehzahl zu achten. Zudem muss man bei dem von Hand ausgeübten Vorschub dafür sorgen, dass die Späne regelmäßig brechen und aus der Bohrung heraus befördert werden. Ausgehend von diesen Bohrungen arbeitete ich mit Rund- und Halbrundfeilen das Hammerauge, ein Langloch mit elliptischem Querschnitt, aus, in das später der Hammerstiel eingepasst wurde.

Bei den beiden Schlageinsätzen handelt es sich zweimal um das gleiche Teil, das jedoch einmal aus Aluminium und einmal aus Polyamid zu drehen war. Auch diese Teile wurden anfangs auf Länge plan gedreht. Anschließend wurde eine Seite mit dem Zentrierbohrer anzentriert, axial gebohrt, angesenkt und mit einem Sacklochgewindebohrer unter Verwendung von Schneidöl mit einem Innengewinde versehen. Die beiden Teile wurden dann auf den Hammerkopf aufgeschraubt, damit sie auf der gesamten Länge durch Verstellen des Oberschlittens der Drehmaschine auf einen Winkel von 3° konisch gedreht werden konnten. Die ballige Fläche an der Stirnseite sowie der Radius an der Kante wurden schließlich mit einem Handstichel herausgearbeitet und dabei immer wieder mit einer Lehre überprüft.

Während meiner Zeit in der Lehrwerkstatt waren regelmäßig verschiedene Bolzen mit einer Schmiernippelbohrung und einer Nut zu fertigen. Da hierbei Dreh-, Bohr- und Fräsmaschine zum Einsatz kamen, erläutere ich die Herstellung

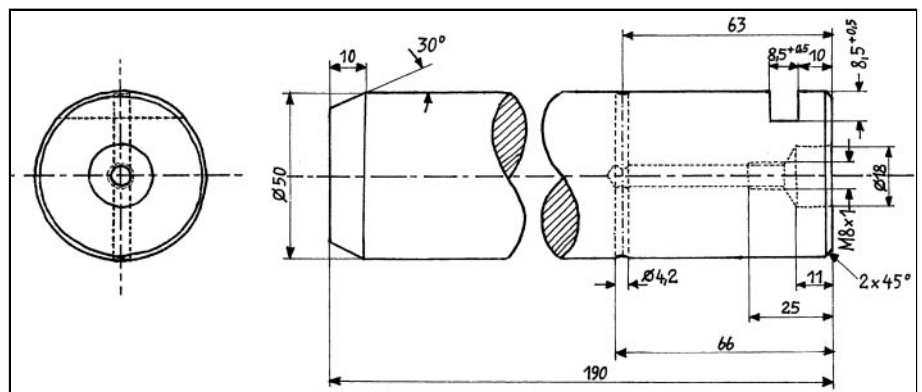


Abb. 4: Beispiel für einen Bolzen mit Schmiernippelbohrung und Nut für ein Sicherheitsblech

eines solchen Bolzens hier anhand eines Beispiels (vgl. Abb. 4). Nach dem Zuschneiden (Verwendete Halbzeuge waren je nach Typ des Bolzens Stangen aus C15 oder Kolbenstangen) und Plandrehen wurden die Werkstücke an beiden Enden angefast, wobei es bei Fasen in der Größenordnung der in diesem Beispiel gezeigten 10 mm nötig war, den Oberschlitten zu verstellen. Der letzte Arbeitsschritt auf der Drehmaschine war in der Regel das Anzentrieren der Längsbohrung.

Für das Feingewinde M8x1 wurde dann mit einem Bohrer mit 7mm Durchmesser vorgebohrt. Die Bohrung wurde anschließend in der angegebenen Tiefe auf 18 mm Durchmesser aufgebohrt, zum Entgraten an der Oberkante leicht angesenkt und das Gewinde für den Schmiernippel an der Bohrmaschine eingeschnitten. Die radiale Bohrung, durch die das Schmierfett später nach außen gedrückt werden soll, wurde angerissen und gekörnt und mit der bereits erwähnten Radialbohrvorrichtung gebohrt. In der Regel wurde auch diese Bohrung angesenkt, lediglich bei Bolzen, die aus Kolbenstangen gefertigt wurden, wurde der Grat mit einer Kugel eingedrückt, da die hartverchromte Oberfläche den Senker beschädigen würde.

Damit diese Bolzen an ihrem Einsatzort durch ein Sicherungsblech am Verdrehen und Verrutschen gehindert werden können, wurde in der Regel an einem Ende quer eine Nut, wie sie in Abb. 4 dargestellt ist, eingefräst. Der Bolzen wurde dazu im Schraubstock auf dem Arbeitstisch der Fräsmaschine (es kam eine Konsolfräsmaschine mit senkrechter Spindel zum Einsatz) so ausgerichtet, dass die Lage von Nut und Querbohrung zueinander der Zeichnung entsprachen. Mit einem Schafffräser wurde dann angekratzt und auf die gewünschten Maße für Position und Tiefe der Nut zugestellt. Die Nut wurde in mehreren Schnitten auf die volle Tiefe gefräst, dann auf die endgültige Breite vergrößert und mit der Feile entgratet.

Um mich mit dem Fräsen näher vertraut zu machen, durfte ich unter Anderem die Einzelteile für die

in Abb. 5 gezeigte Vorrichtung (Rückezange) fertigen. Nachdem ich die verschiedenen Bleche grob mit der Bandsäge zugeschnitten hatte, fräste ich sie alle auf die in der Zeichnung angegebenen Längen, entgratete sie mit der Feile, riss und körnte die Bohrungen an und bohrte sie auf der Säulenbohrmaschine. Bei Teil 5 schnitt ich in die Bohrungen zusätzlich Gewinde mit Durchgangsgewindebohrern. Das in der Zeichnung als „Teil 6“ bezeichnete Teil musste ich neben der Länge ausgehend von einem Flachstahl 40 x 50 mm zusätzlich auf 45 mm Breite fräsen. Dabei kam ein Stirnfräser mit Wendeschneidplatten zum Einsatz.

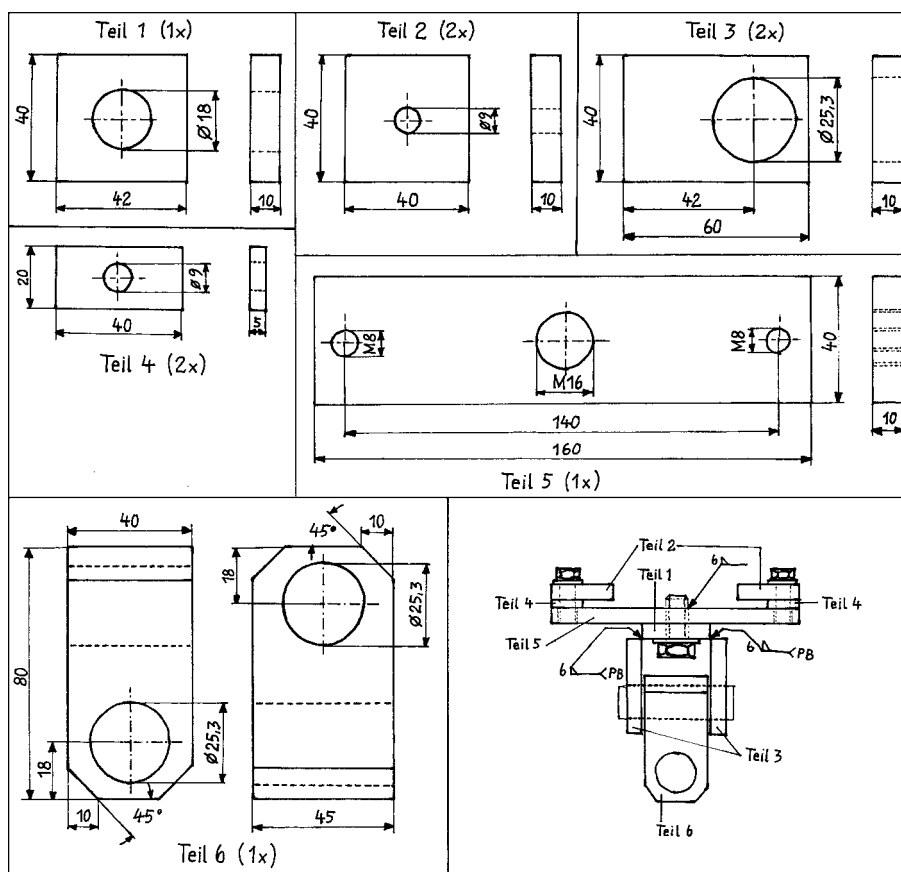


Abb. 5: Teile und Konstruktionszeichnung der Rückezange

Die späteren Kanten der vier 10x45°-Fasen riss ich vor dem Fräsen an. Ich richtete das Teil anschließend für jede Fase mit einem Haarwinkel exakt in einem Winkel von 45° gegenüber dem Fräser im Frässhraubstock aus und stellte so lange in kleinen Schritten zu, bis die angerissene Linie erreicht war. Die Bohrungen mit 25,3 mm Durchmesser wurden später mit einer CNC-Fräsmaschine hergestellt, geschweißt und zusammengebaut wurde die Rückezange in einer anderen Abteilung.

### 3. Umformende Fertigungsverfahren

Acht Tage des Praktikums verbrachte ich in der Teilefertigung von Kinshofer, wo unter Anderem die umformende Verarbeitung von Blechen und anderen Halbzeugen stattfindet. An Maschinen stehen hierzu zwei manuell betätigte und zwei CNC-Hydraulikpressen (eine davon bis 3000 kN Presskraft), eine Rollmaschine, eine Schlagschere und eine kombinierte Maschine mit Stanze, Ausklinker, Stabstahlschere und Profilschere zur Verfügung, an denen ich mit Ausnahme der Schlagschere auch arbeitete.

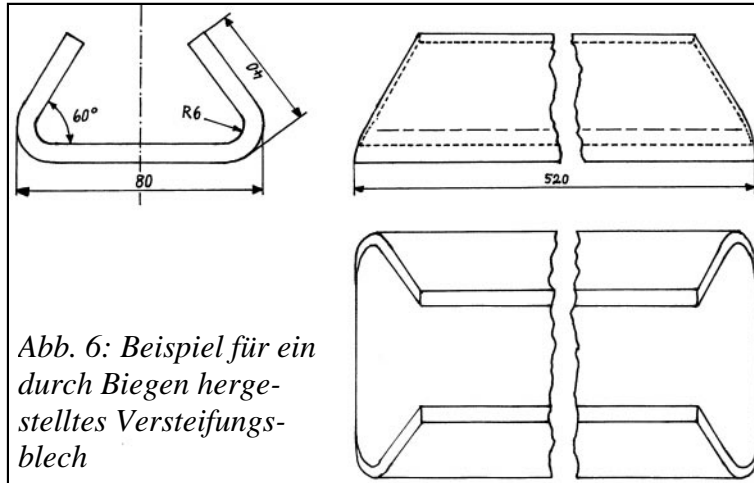


Abb. 6: Beispiel für ein durch Biegen hergestelltes Versteifungsblech

Beim Biegen bzw. Abkanten fertigte ich eine Vielzahl verschiedener Teile aus unterschiedlich starken Blechen und mit unterschiedlichen Biegeradien sowie -winkeln. Die Presse musste dazu stets mit der für den jeweiligen Radius passenden Matrize und dem passenden Stempel bestückt werden. Bei gängigen Biegewinkeln wie z. B. 60° oder 90° wurde dabei mit dem Stempel bis auf Grund der Matrize gefahren, die Steuerung der CNC-Pressen erlaubt jedoch auch das „Luftbiegen“,

bei dem das auf der Matrize aufliegende Werkstück nur bis zu einer geringeren Tiefe eingedrückt wird, so dass praktisch beliebige Winkel erzielt werden können.

Ein beim Biegen und Abkanten auftretendes Problem ist, dass sich wichtige Größen wie z. B. die gestreckte Länge des Teils oder der Winkel, um den es überbogen werden muss, zwar berechnen lassen und heute auch von den Steuerungen automatisch berechnet werden, die Praxis aber häufig erheblich von der Theorie abweicht. So verhält sich hinsichtlich des Zurückfedern nach dem Biegen nahezu jedes einzelne Blech ein wenig anders, so dass es meistens eines oder mehrerer Hammerschläge bedarf, um den gewünschten Winkel zu erreichen. Ich machte außerdem die Erfahrung, dass unterschiedliche Blechoberflächen, wie sie z. B. aufgrund einer Zunderschicht oder Rost vorkommen können, häufig dazu führen, dass die Teile während des Biegevorgangs in der Matrize unterschiedlich weit verrutschen, was zu unterschiedlichen Schenkellängen innerhalb einer Serie führen kann. Um beim Biegen eine hohe und innerhalb der Serie konstante Maßgenauigkeit zu erhalten, ist daher auch in Zeiten computergesteuerter Maschinen Erfahrung notwendig. Als Beispiel für die an der CNC-Presse gefertigten Teile habe ich in Abb. 6 ein Blech skizziert, das aufgrund von zwei Bügen als Versteifung dienen kann.

Eine weitere Form des Biegens, die ich durchführte, ist das Gesenkbiegen mit Matrizen und Stempeln, die das Werkstück in vorgegebenes Profil zwingen, wodurch sich in einem einzigen Arbeitsgang mehrere Büge herstellen lassen, so dass sich z. B. eine S-Form ergibt. Die jeweiligen Werkzeuge eignen sich in diesem Fall zwar nur für ein bestimmtes Teil, erleichtern die Arbeit aber gerade bei kleinen Teilen, die in großen Stückzahlen produziert werden. Außerdem hatte ich Gelegenheit, das Umschlagen, also das Biegen um 180°

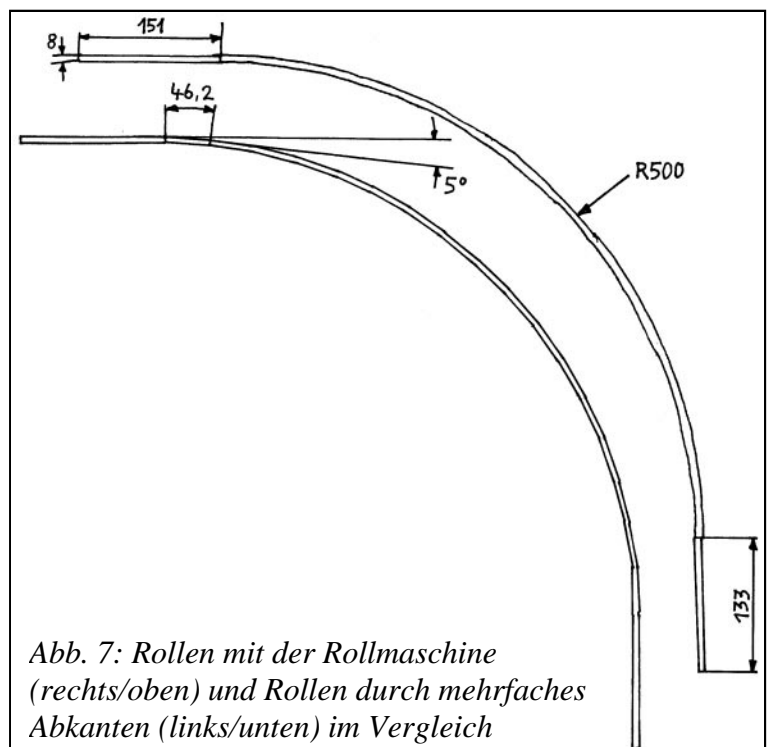


Abb. 7: Rollen mit der Rollmaschine (rechts/oben) und Rollen durch mehrfaches Abkanten (links/unten) im Vergleich

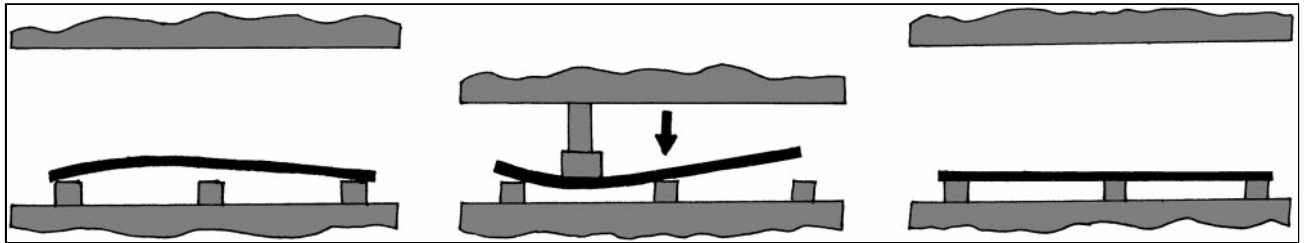


Abb. 8: Richten von Blechteilen mit einer hydraulischen Presse

1. Verzogenes/gekrümmtes Blech (schwarz dargestellt)      2. Gezieltes, geringfügiges Biegen an einzelnen Stellen      3. Ebenes Blech

mit möglichst kleinem Radius, kennen zu lernen. Dazu wird der umzuschlagende Rand des Blechs zunächst auf etwa  $60^\circ$  vorgekantet und anschließend mit einem planen Stempel umgelegt, wobei das Gegenstück, auf dem das Blech dabei aufliegt, ein Gleiten in Längsrichtung (quer zur Kante) zulässt, um ein Falten des Blechs zu verhindern.

Während man bei sehr kleinen Biegeradien vom Abkanten spricht, bezeichnet man das Herstellen großer Radien als Rollen. Bei Kinshofer betrifft dies insbesondere die Rückwände von Greiferschalen sowie deren Verstärkungen, für die wenige Millimeter dicke Bleche Radien von mehreren hundert mm erhalten müssen. Dies kann auf zwei verschiedene Arten geschehen: Die verhältnismäßig schmalen Verstärkungsurte durchlaufen eine Rollmaschine, in der sie auf einer Seite auf zwei hintereinander liegenden Walzen aufliegen, während von der anderen Seite eine auf halber Strecke zwischen diesen Walzen angeordnete, höhenverstellbare dritte Walze dagegen drückt. Je nach Höheneinstellung dieser Walze lassen sich so in mehreren Durchläufen beliebige, gleichmäßige Rollradien erreichen. Da es mit dieser einfachen Maschine jedoch Schwierigkeiten bereitet, den Radius bei breiteren Blechen wie den Rückwänden auf der gesamten Walzenlänge gleichmäßig zu halten, werden diese durch mehrfaches Abkanten auf der CNC-Presse gerollt (Abb. 7). Dazu werden viele Büge mit sehr kleinen Winkeln in geringen Abständen angeordnet, was trotz anderer Arbeitsweise nahezu zum gleichen Ergebnis führt wie das „echte“ Rollen.

Je nach Verwendungszweck müssen Bleche häufig eine Ebenheit innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen aufweisen. Damit ist der Abstand zwischen zwei gedachten, parallelen Ebenen gemeint, zwischen denen die Oberfläche des Teils liegt. Insbesondere Teile, die im Brennschnitt hergestellt werden, weisen jedoch häufig einen erheblichen Verzug auf. Diese „krummen“ Teile müssen daher vor der weiteren Verarbeitung gerichtet werden. Dies geschieht bei Kinshofer in der Serienfertigung ebenfalls mit einer hydraulischen Presse. Dazu wird das Teil je nach Größe auf drei bis vier schmale, gleich dicke Leisten gelegt und die Ebenheit mit einem Lineal überprüft. Anschließend werden die Leisten in geeignetem Abstand so angeordnet, dass der höchste Punkt einer (nach oben weisenden) Krümmung in etwa in der Mitte zwischen zwei Leisten liegt. Diese Stelle wird dann mit einem von Hand positionierten Stahlklotz, der durch die Presse nach unten gedrückt wird, leicht entgegen der Krümmung gebogen, und das so oft und an verschiedenen Stellen (und gegebenenfalls von beiden Seiten), bis mit dem Lineal keine gravierende Unebenheit mehr feststellbar ist. In Abb. 8 habe ich versucht, diesen Vorgang zu veranschaulichen. Ich führte diese Tätigkeit an Teilen aus gewöhnlichen Baustählen und aus dem Feinkornstahl Durostat durch, wobei sich massive Unterschiede zwischen diesen Werkstoffen offenbarten. Der Feinkornstahl ließ sich sehr stark elastisch verformen und musste daher stets weit überbogen werden, während etwa bei einem St-37 kaum ein Rückfedern wahrnehmbar war.

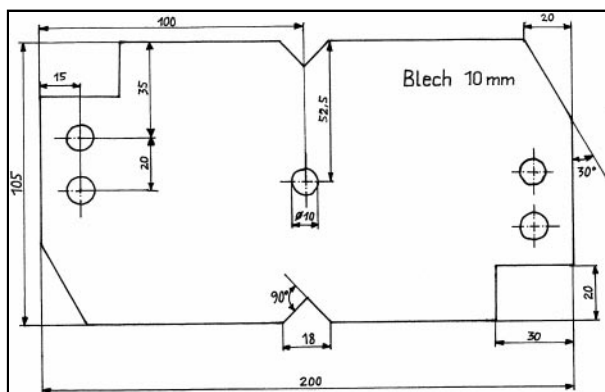


Abb. 9: Übung zum Stanzen und Ausklinken

Das Stanzen und Ausklinken spielt bei Kinshofer eine untergeordnete Rolle. Um es dennoch ausprobieren zu können, entwarf ich selbst einige Übungsstücke, z. B. ein Lochblech, bei dem ich die Mittelpunkte von 24 Löchern ankörnte, um sie möglichst genau zu stanzen oder auch das in Abb. 9 gezeigte Blechteil, an dessen Rand ich zusätzlich Versuche zum Ausklinken durchführte.

Das Stanzen und Ausklinken spielt bei Kinshofer eine untergeordnete Rolle. Um es dennoch ausprobieren zu können, entwarf ich selbst einige Übungsstücke, z. B. ein Lochblech, bei dem ich die Mittelpunkte von 24 Löchern ankörnte, um sie möglichst genau zu stanzen oder auch das in Abb. 9 gezeigte Blechteil, an dessen Rand ich zusätzlich Versuche zum Ausklinken durchführte.

## 4. Füge- und Trennverfahren

Zwei Wochen des Praktikums verbrachte ich im Prototypenbau des Unternehmens. Dort werden in Absprache mit der Entwicklungsabteilung Prototypen und Vorserien neuer Geräte zusammengesetzt. Die dafür benötigten Teile werden zwar größtenteils an den Maschinen der Serienproduktion gefertigt, die anfallenden Schweißarbeiten werden jedoch bei neuen Teilen, für die noch keine gesonderten Schweißvorrichtungen existieren, von den beiden Meistern des Prototypenbaus häufig selbst ausgeführt, weshalb ich auch den Tätigkeitsbereich „Füge- und Trennverfahren hier absolvierte. Dabei kommt in erster Linie einer der heute gängigsten Schweißprozesse, das Metall-Aktivgasschweißen (MAG) zum Einsatz. Dabei handelt es sich um eine Form des Lichtbogenschweißens, bei welcher der elektrische Lichtbogen zwischen dem Werkstück und einer abschmel-

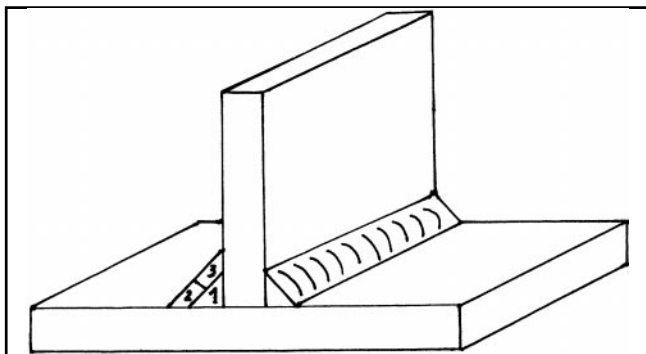


Abb. 10: Einlagige (rechts) und dreilagige Kehl-naht (links)

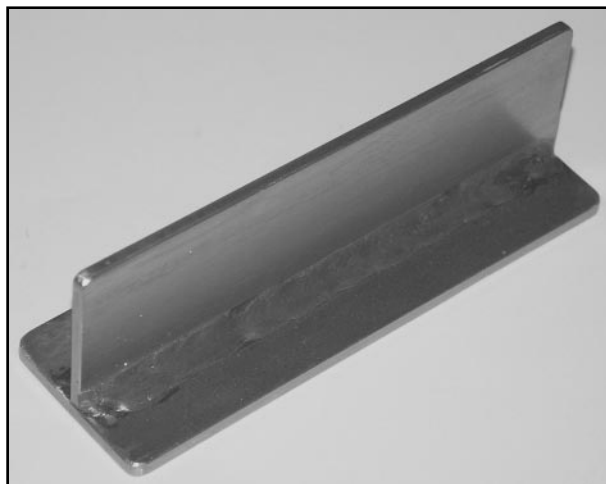


Abb. 11: Von mir während des Praktikums geschweißte Kehl-naht

zenden Drahtelektrode (Zusatzwerkstoff) brennt, wobei er durch ein Schutzgas, in diesem Fall Corgon (ein Gemisch aus CO<sub>2</sub> und Argon) stabilisiert wird. Beim Metall-Inertgasschweißen (MIG) kommt z. B. reines Argon als Schutzgas zum Einsatz, was etwa zum Schweißen von Aluminium erforderlich ist. Beim Schweißen sind grundsätzlich bestimmte Arbeitsschutzmaßnahmen einzuhalten. Dazu gehört das Tragen von schwer entflammbarer, langärmeliger Kleidung und Lederhandschuhen mit Stulpen. Die Augen sind durch einen Schweißerhelm bzw. -schirm zu schützen.

Bevor mit dem MAG-Schweißen begonnen werden kann, muss zunächst die Schweißstromquelle so eingestellt werden, dass die gewünschte Schweißnaht hergestellt werden kann. Vorausgesetzt, dass der richtige Schweißdraht eingelegt ist und das richtige Schutzgas verwendet wird, bedeutet das in erster Linie die Einstellung von Stromstärke (diese lag bei den von mir geschweißten Nähten in der Größenordnung von etwa 150 bis 250 A) und Drahtvorschub. Für Schweißnähte wird vom Konstrukteur in der Regel eine bestimmte Dicke angegeben, die von der verwendeten Stromstärke abhängt. Der Vorschub der Drahtelektrode muss passend dazu so gewählt werden, dass zwar genügend Zusatzwerkstoff zugeführt wird, dieser aber noch komplett abschmilzt, was sich in der Praxis gut an dem beim Schweißen auftretenden, knisternden Geräusch kontrollieren lässt. Eine elektrische Verbindung wird durch eine Polklemme hergestellt, die am Werkstück bzw. Schweißtisch angebracht wird. Aufgrund des hohen Übergangswiderstands am Berührungspunkt zwischen Drahtelektrode und Werkstück wird dort ein elektrischer Lichtbogen gezündet, wenn der Schalter am Schweißbrenner betätigt wird. Dann gilt es, den Brenner mit der richtigen und konstanten Geschwindigkeit zu führen. Zu schnelles Schweißen führt zu einer zu kleinen Naht mit zu geringem Einbrand, zu langsames zu einer Überhöhung der Naht. Beides beeinträchtigt deren Festigkeit. Die Qualität einer Schweißnaht kann mit verschiedenen zerstörenden oder zerstörungsfreien Verfahren geprüft werden.

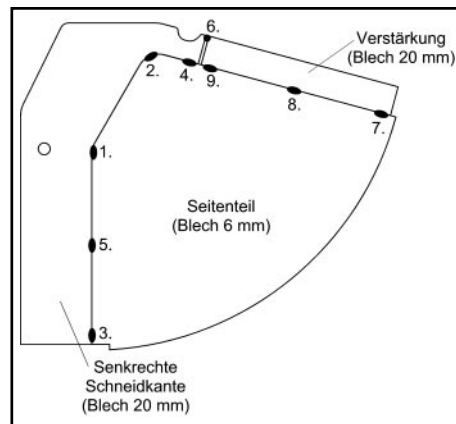


Abb. 12: Reihenfolge beim Heften am Beispiel einer Greiferschalen-Seitenwand

Ich beschäftigte mich in erster Linie mit dem Schweißen von ein- und dreilagigen Kehlnähten (Abb. 10 und 11). Es gibt jedoch noch zahlreiche weitere Nahtformen, z. B. I-Nähte, V-Nähte oder Y-Nähte. Die Nähte sollten einerseits eine ausreichende Einbrandtiefe aufweisen, andererseits dürfen sich aber an den Rändern durch den Einbrand keine Kerben bilden. Bis zu einer Dicke von ca. 6 mm sind einlagige Nähte realisierbar, darüber sind mehrere Lagen erforderlich. Für eine dreilagige Naht wird zunächst die Wurzellage wie bei einer einlagigen Naht geschweißt und anschließend die beiden Decklagen entlang der Ränder der Wurzellage, wobei der Winkel, in dem der Brenner gehalten wird, jeweils entsprechend angeglichen werden muss. Ich übte dies an Blechen (Abb. 11) und mit Hilfe eines Rundschweißautomaten auch an Rohren.

Manchmal lässt es sich nicht vermeiden, dass nur in einer Zwangslage geschweißt werden kann. Wenn es jedoch möglich ist, versucht man, die Werkstücke in Wannenposition zu bringen, so dass sich das Schmelzbad waagrecht wie in einer Wanne dazwischen befindet. Durch die Schrumpfung beim Abkühlen des Schmelzbads tritt grundsätzlich ein Verzug der geschweißten Teile zur Naht hin auf. Man versucht daher, diesen Verzug durch eine möglichst geschickte Reihenfolge auszugleichen, in der man einzelne Nähte schweißt, was wiederum Erfahrung erfordert. Das Gleiche gilt bereits für das Heften, bei dem man vor dem eigentlichen Schweißen die zu schweißenden Teile mit einzelnen Schweißpunkten oder kurzen Nähten so miteinander verbindet, dass sie in der endgültigen Position fixiert sind. Am Beispiel einer Greiferschalen-Seitenwand, von der ich eine Vorserie geheftet habe, stelle ich in Abb. 12 eine sinnvolle Reihenfolge dar, in der die Heftpunkte gesetzt werden könnten, so dass möglichst kein Verzug auftritt. Man muss sich die Bleche dabei mit Schraubzwingen flach auf eine Tischplatte gespannt denken.

Das zweite thermische Fügeverfahren, das ich anwandte, war das Hartlöten. Beim Löten können im Unterschied zum Schweißen zwei verschiedene Werkstoffe mit Hilfe eines dritten miteinander verbunden werden. Das Hartlöten unterscheidet sich vom Weichlöten durch den höheren Schmelzpunkt des Lots. Ich führte dazu einige Versuche mit Blechen und Rohren durch, so wie in Abb. 13 dargestellt. Die zu fügenden Teile

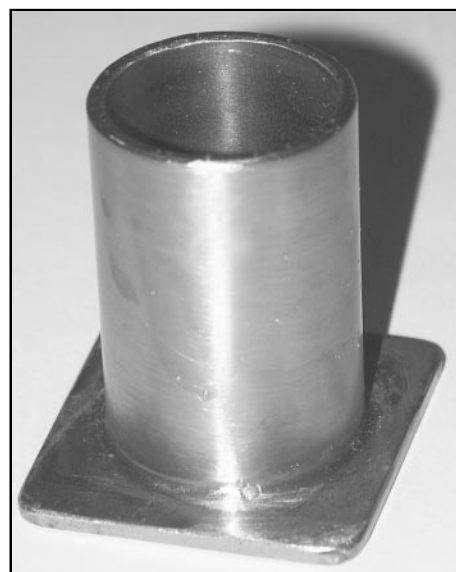


Abb. 13: Durch Hartlöten hergestellte Verbindung zwischen einem Stahlblech und -rohr

müssen möglichst frei von Verunreinigungen sein und plan aufeinander liegen, weshalb ich sie zunächst mit Winkelschleifer und Feile vorbereitete. Damit sich das Lot an die gewünschten Stellen verteilt, wird auf diese ein Flussmittel aufgetragen. Alternativ gibt es auch Lote, die bereits mit einem Flussmittel ummantelt sind, das mit dem Brenner abgeschmolzen werden kann. Für die Lötung selbst werden dann die Teile mit einem Acetylen-Sauerstoff-Brenner, wie er auch zum Autogenschweißen verwendet wird, gleichmäßig erhitzt. Bei Stahl kann man die richtige Temperatur daran erkennen, dass er gerade kirschrot glüht. Das Flussmittel sollte dabei sichtbar flüssig werden, aber nicht verdampfen. Ist die Löttemperatur überall erreicht, schmilzt man mit der Flamme ein wenig Lot ab und erhitzt dann die Stellen, wo es hinfließen soll, noch weiter, da das Lot stets der Wärme nachfließt. Erst wenn die Lötung keine Lücken mehr aufweist, lässt man die Teile abkühlen. Ich prüfte die Qualität meiner Lötungen mit der sogenannten Reißprobe. Dazu spannte ich das Blech in einen Schraubstock ein und bog es mit einer als Hebel in das Rohr gesteckten Stange um, wobei einige gelungene Teile dem Biegen deutlich über 90° Stand hielten, während selbst kleine Unterbrechungen der Lötverbindungen schon bei geringer Belastung zum Zerreißen führten.

Neben diesen beiden Fügeverfahren beschäftigte ich mich auch noch mit einem thermischen Trennverfahren, dem Brennschneiden. Die Wärme wird beim Schneidbrenner ebenfalls durch einen Acetylen-Sauerstoff-Brenner erzeugt. Zusätzlich

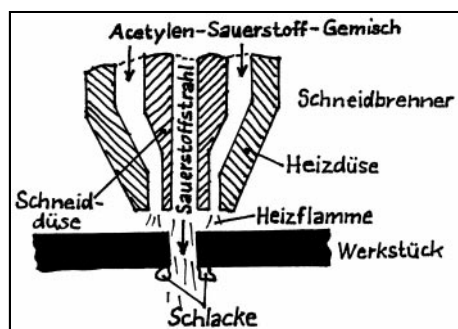


Abb. 14: Funktionsprinzip des Schneidbrenners

befindet sich aber in der Mitte der Heizdüse noch eine weitere Düse, aus der ein feiner Sauerstoffstrahl austritt, der den erhitzten Werkstoff oxidiert und die Schmelze aus der Schnittfuge bläst (Abb. 14). Beim Brennschneiden von Hand wird der Brenner nach dem Zünden und Einstellen der Flamme (durch Verändern des Mischungsverhältnisses der Gase) senkrecht etwa 3 mm über den Beginn des gewünschten Schnittes gehalten. Erst wenn die Anschnittstelle hell glüht, wird das Ventil für den Sauerstoff geöffnet und der Brenner mit konstantem Abstand zum Werkstück und konstanter Geschwindigkeit vorwärts bewegt. Zu großer

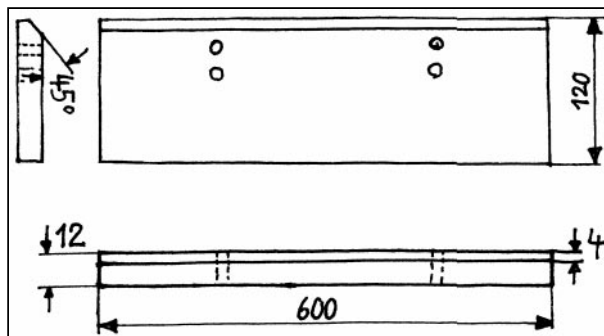


Abb. 15: Schneidkante für Greiferschalen, an der eine Fase mit dem Schneidbrenner hergestellt wird

Abstand und zu geringe Geschwindigkeit führen zu einem unsauberen Schnitt, zu geringer Abstand zum Erlöschen der Flamme, und wenn der Brenner zu schnell geführt wird, findet kein Schnitt mehr statt. Ich schnitt mit dem Handschneidbrenner verschiedene angerissene Konturen aus Blechabfällen und hatte außerdem die Gelegenheit, einige zu verschrottende Greiferschalen zu zerschneiden, wozu teilweise recht lange Schnitte in schwierigen Lagen erforderlich waren.

Außerdem arbeitete ich mit einer einfachen Brennschneidmaschine, bei welcher der Brenner mit Hilfe eines elektrischen Antriebs eine geradlinige Bewegung ausführen kann. Mit diesem Gerät werden bei Kinshofer die Fasen an den Schneidkanten von Greifern (Abb. 15) hergestellt, durch die sich ein Greifer besser ins Erdreich eingraben kann. Die Bleche werden dazu um 45° gegenüber der Brennerdüse geneigt fixiert und der Brenner mit Rollen auf die oben liegende Kante aufgesetzt. Von Hand werden das Gasgemisch, die genaue Position des Schnitts und die Vorschubgeschwindigkeit eingestellt und der Vorschub gestartet, wodurch sich bei guter Abstimmung der Einstellungen ein erstaunlich glatter Schnitt ergibt.

## 5. Montage, Zusammenbau, Integration

Montagearbeiten waren in diesem Fertigungspraktikum in erster Linie im Prototypenbau, aber auch in der Lehrwerkstatt zu erledigen. Im Rahmen der Serienproduktion baute ich dort unter Anderem Kranaufhängungen für Palettengabeln zusammen, die es ermöglichen, dass die am Kran hängende Gabel bei unterschiedlicher Lastverteilung immer die gleiche Lage einnehmen kann. Diese Aufhängungen bestehen neben dem später am Träger der Gabel anzuschweißenden Teil aus acht gleichartigen Leisten mit je einer Bohrung an jedem Ende.

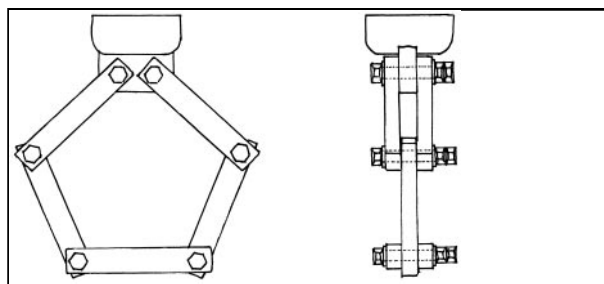


Abb. 16: Die im Text beschriebene Kranaufhängung für Palettengabeln

Diese insgesamt neun Teile werden durch Schrauben so miteinander verbunden wie in Abb. 16 dargestellt. Auf die Schrauben werden dabei Unterlegscheiben aufgesteckt und auf den frei liegenden Teil des Gewindes wird Schraubensicherung aufgetragen. Anschließend wird eine Mutter so weit aufgeschraubt, dass die miteinander verbundenen Teile der Aufhängung sich gerade noch so viel Spiel haben, dass sie sich locker bewegen lassen. Abschließend wird die Mutter mit einer Sicherungsmutter gekontert.

Ebenfalls in der Lehrwerkstatt hatte ich die Aufgabe, eine neu konstruierte Schweißvorrichtung anhand einer Zeichnung zusammenzubauen. Um sie als Skizze rekonstruieren zu können, war die – Vorrichtung leider etwas zu komplex. Neben zahlreichen Verschraubungen unterschiedlicher Art kamen hierbei außerdem an vielen Stellen Passstifte zum Einsatz, um z. B. mit nur einer Schraube befestigte Teile am Verdrehen zu hindern.

Während meiner Zeit im Prototypenbau war bei einem Greifer in einem Dauerversuchs am Prüfstand die Kolbenstange eines Hydraulikzylinders (vgl. Abb. 17) gebrochen. Diese musste durch eine

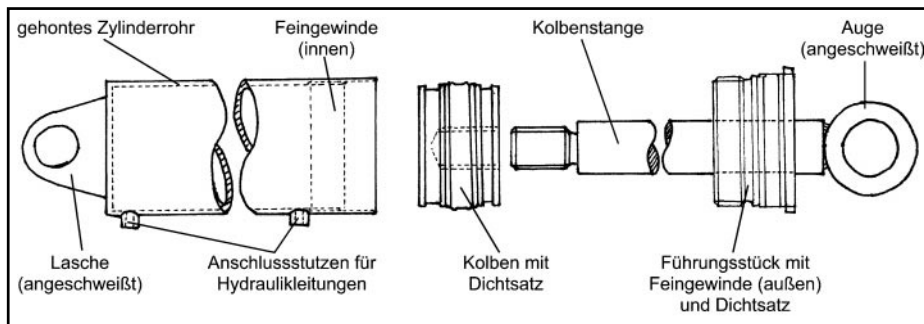


Abb. 17: Skizze des Aufbaus eines Hydraulikzylinders

neue ersetzt werden. Dazu wurden zunächst die beiden zum Ein- und Ausfahren dienenden Hydraulikschläuche von dem Zylinder abgeschraubt und das verbliebene Öl abgelassen. Der Hydraulikzylinder war durch Bolzen von der Art, wie ich sie im Abschnitt über die spannenden Fertigungsverfahren dargestellt habe, mit Schalenträger und Schalen des Greifers verbunden. Nach dem Abschrauben der bereits unter 2. erwähnten Sicherungsbleche ließen sich die Bolzen heraus schlagen und der Hydraulikzylinder sowie das abgebrochene Ende der Kolbenstange abnehmen. Im Schraubstock wurde dann mit einem Spezialwerkzeug, bei dem zwei Stifte in Bohrungen eingreifen, das Führungsstück des Hydraulikzylinders abgeschraubt, durch das die Kolbenstange nach außen führt, und der Zylinder somit geöffnet. Dadurch konnte der Kolben problemlos herausgezogen werden. Da die Verschraubung zwischen dem eigentlichen Kolben und der Kolbenstange mit Schraubensicherung versehen war, konnte sie nur gelöst werden, nachdem sie mit einem Brenner erhitzt worden war. An eine neue Kolbenstange wurde wieder ein Auge angeschweißt, die Stange in das mit neuen Dichtsätzen versehene Führungsstück eingeführt und anschließend der Kolben mit Schraubensicherung aufgeschraubt. Vor dem erneuten Zusammenbau wurden sämtliche Teile gründlich gereinigt, da schon geringe Verunreinigungen, etwa durch kleinste Späne, in kurzer Zeit zu Schäden an Hydrauliksystemen führen würden. Als Vorsichtsmaßnahme wurden daher auch sämtliche Dichtsätze ausgetauscht. Dabei war zu beachten, dass an dem zur Kolbenstange und zum Zylinderrohr hin abgedichteten Führungsstück Dichtungen verwendet werden, die ihre optimale Dichtwirkung erst unter Einwirkung des hier grundsätzlich nur einseitig herrschenden Öldrucks entwickeln, während der Dichtsatz des Kolbens anders aufgebaut ist, da er in die beiden möglichen Bewegungsrichtungen abdichten muss. Der Zusammenbau erfolgte in umgekehrter Reihenfolge (Kolben in Zylinderrohr einführen, Führungsstück einschrauben und anziehen). Nach dem Wiedereinbau des in Stand gesetzten Zylinders in den Greifer wurde dieser am Prüfstand wieder an ein Hydraulikaggregat angeschlossen und der Dauerversuch fortgesetzt, bei dem eine bestimmte Anzahl an Öffnen-Schließen-Zyklen störungsfrei zu absolvieren ist.

Im Prototypenbau war ich darüber hinaus an der Montage der Vorserie von Greifern beteiligt, für die ich auch die Seitenwände der Schalen geheftet hatte. Um meine Beschreibung des Zusammenbaus zu veranschaulichen, habe ich in Abb. 18 den prinzipiellen Aufbau eines solchen Zweischalengreifers für den Einsatz an Baggern skizziert. Zunächst wurden mit Hilfe der mittlerweile mehrfach erwähnten Bolzen zwei identische Hydraulikpressen aus der Serienfertigung am Schalenträger, welcher vollständig als Schweißkonstruktion ausgeführt ist, befestigt. In sämtliche Bohrungen, durch die solche Bolzen gesteckt wurden, wurden spezielle

Buchsen eingeschlagen, die an der Innenseite kleine Vertiefungen aufweisen, in denen sie eine gewisse Menge

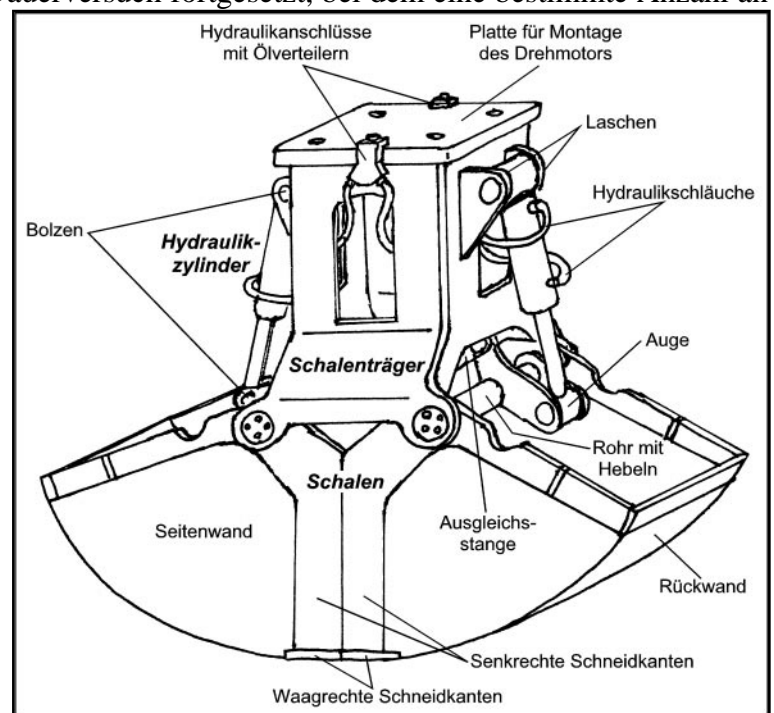


Abb. 18: Skizze des prinzipiellen Aufbaus eines Kinshofer-Zweischalengreifers mit zwei Hydraulikzylindern

Schmierfett aufnehmen können. Die Anschlussstutzen der Hydraulikzylinder wurden durch Hydraulikschläuche mit je einem der beiden Ölverteiler verbunden, über die dann wiederum die Verbindung zum Hydrauliksystem eines Baggers hergestellt werden kann. Um den weiteren Zusammenbau zu erleichtern, wurden die Hydraulikzylinder mit Druckluft ein wenig ausgefahren. Die beiden Schalen für den Greifer wurden mit Hilfe von untergelegten Holzklötzen auf einer Palette grob in Position gebracht und dann der Schalenträger mit einem Kran etwa mittig darüber positioniert. Für die drehbare Verbindung zwischen Schalenträger und Schalen kommen spezielle Teile zum Einsatz, deren genauen Aufbau ich zu dem Zeitpunkt, zu dem ich den Bericht verfasste, leider nicht mehr genau in Erinnerung hatte. Die Hydraulikzylinder übertragen ihre Kraft über Hebel auf je ein um die Drehachse der Schalen angeordnetes Rohr. Dabei kam wieder die gleiche Art der Verbindung durch einen Bolzen wie zwischen Schalenträger und Zylinderrohr zum Einsatz. Das synchrone Öffnen und Schließen der Schalen wird durch eine Ausgleichsstange sicher gestellt, welche zwei weitere, in unterschiedlichen Winkeln an den beiden Rohren angeschweißte Hebel miteinander verbindet. Nachdem die Sicherungsbleche für die Bolzen angeschraubt und die Bolzen über die Schmiernippel mit einer Fettpresse geschmiert worden waren, war der Greifer selbst fertig gestellt. Für die Drehung um die senkrechte Achse wurde schließlich noch ein hydraulischer Drehmotor mit vier Verschraubungen auf der oben liegenden Platte befestigt, wobei es sich bemerkbar machte, dass die Serienreife des Modells noch nicht hundertprozentig erreicht war, da zuerst einige Schweißnähte mit dem Winkelschleifer bearbeitet werden mussten, um Platz für die Schrauben zu schaffen.

## **6. Anhang: Auflistung der durchgeführten Tätigkeiten**

### **Allgemein:**

- Messen, Anreißen und Körnen

### **Spanende Fertigungsverfahren:**

- Sägen von Hand sowie mit Band- und Kreissäge
- Entgraten mit der Feile, Feilen von Planflächen, Feilen von Radien, Feilen eines elliptischen Langlochs
- Bohren, Senken mit Kegel- und Zapfensenker, Reiben
- Gewindeschneiden (innen und außen) von Hand sowie mit Bohr- und Drehmaschine
- Plandrehen, Längsdrehen (auch Passungen), Kegeldrehen, Einstechen, Gewindedrehen, Formdrehen mit Formdrehmeißeln und Handstichel, Anzentrieren
- Fräsen von Planflächen und Nuten
- Schleifen von Passungen mit Schmirgelpapier

### **Umformende Fertigungsverfahren:**

- Biegen, Abkanten und Umschlagen
- Rollen mittels Rollmaschine sowie durch mehrfaches Abkanten
- Richten mit hydraulischer Presse
- Stanzen
- Ausklinken
- Scherschneiden

### **Füge- und Trennverfahren:**

- MAG-Schweißen: Heften, Schweißen ein- und dreilagiger Kehlnähte
- Hartlöten
- Brennschneiden

### **Montage, Zusammenbau, Integration:**

- Montage von Kranabhängungen für Palettengabeln
- Zusammenbau einer neuen Schweißvorrichtung
- Zerlegen, Instandsetzung und erneuter Zusammenbau eines schadhafte Hydraulikzylinders
- Zusammenbau von hydraulischen Zweischalengreifern für Bagger