

# Lernfabrik 4.0

## – Pädagogisches Konzept –

Die neuesten technischen Entwicklungen in unseren Kernkompetenzbereichen Automatisierungstechnik und zerspanende Bearbeitungstechnik zeigen in den letzten Jahren ein sehr hohes Innovationstempo. Resultierend hieraus wird sich die Arbeitswelt grundlegend verändern. Dieser Trend ist jetzt auch schon in der beruflichen Bildung zu erkennen. Die Gestaltung der Lernprozesse muss sich diesen Veränderungen stellen. Die Antwort auf praxisnahe komplex vernetzte Systeme aus der Industrie kann NICHT eine streng lineare Didaktik sein.

Bei den berufsfachlichen Kompetenzen verfolgen wir die Strategie vom Lernmodul zur vernetzten industrienahen Lernfabrik.

Aufbauend auf die fundierten praxisbezogenen Lernmodulen und der Lernfabrik werden u.a. die Fähigkeit zum Programmieren und Steuern von CNC-Maschinen und Robotern, das Entwickeln von Programmen für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), der Einsatz von CAD-Systemen sowie das Planen und Entwickeln von elektropneumatischen Steuerungen vermittelt.

Die Lerninhalte werden in Lernmodulen und in der Lernfabrik strukturiert, die sich an den betrieblichen Ablaufprozessen und Handlungsfeldern orientieren. Dabei bilden die Lernmodule thematisch abgegrenzte Einheiten. Diese orientieren sich an konkreten beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsfeldern sowie an betrieblichen Ablaufprozessen und deren Organisationsstrukturen. Diese Lernmodule finden sich in der Lernfabrik wieder. Die erlernten Kenntnisse und Methoden wenden die Schülerinnen und Schüler in praxisnahen Szenarien an der Lernfabrik an und erleben somit Erfolgserlebnisse in der laufenden Produktion.

Um die Produktions- und Prozessabläufe möglichst praxisnah abzubilden, werden in den Lernmodulen bzw. in der Lernfabrik industrielle Sensoren, Aktoren und SPS-Steuerungen verwendet. Somit fördert der Unterricht an diesen Lernmodulen und an der Lernfabrik ein Denken in Zusammenhängen mit dem Ziel, ein prozessorientiertes Lernen in vernetzten Strukturen zu ermöglichen.

### **Schularten und Auslastung der Lernfabrik 4.0**

Nach einem Prozess zur regionalen Schulentwicklung vor einigen Jahren ist die Hohentwiel-Gewerbeschule Singen im Landkreis Konstanz zuständig für die Ausbildung in den industriellen Metall- und Elektroberufen. Wir bilden in folgenden Berufen aus:

Industriemechaniker

Zerspanungsmechaniker

Verfahrensmechaniker

Werkzeugmechaniker

Maschinen- und Anlagenführer

Mechatroniker

Elektroniker für Betriebstechnik

Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik

Elektroniker für Geräte- und Systeme

Alle diese Berufe haben, mehr oder weniger, Bezugspunkte zu Industrie 4.0. Hinter den Auszubildenden stehen viele Unternehmen, teils global Player bzw. Weltmarktführer, welche seit Jahren gemeinsam mit der HGS die Ausbildung entwickeln. Hinzu kommen noch unsere Schüler aus den Vollzeitschulen:

Fachschule für Automatisierungstechnik/ Mechatronik (staatl. gepr. Techniker)

Fachschule für Maschinentechnik (staatl. gepr. Techniker)

Technisches Gymnasium Profulfach Mechatronik

Einige Klassen haben eine große Zahl des Unterrichts in Fachräume. Dieser Unterricht kann auch in der Lernfabrik 4.0 stattfinden, hier nur eine Auswahl:

| Schulart                  | Ausbildungsberuf/<br>Ausbildungsjahr bzw.<br>Schuljahr | Klassenbezeichnung/<br>Anzahl Klassen im<br>Schuljahr 2015/2016 | Fachraumstunden<br>je Schüler pro<br>Woche |
|---------------------------|--|---|--|
| Berufsschule              | Mechatroniker/<br>1. Ausbildungsjahr                   | E1ME/ 1   | 4  |
| Berufsschule              | Mechatroniker/<br>2. Ausbildungsjahr                   | E2ME/ 2   | 8  |
| Berufsschule              | Mechatroniker/<br>3. Ausbildungsjahr                   | E3ME/ 1   | 4  |
| Berufsschule              | Industriemechaniker/<br>1. Ausbildungsjahr             | M1IM/ 2   | 6  |
| Berufsschule              | Industriemechaniker/<br>2. Ausbildungsjahr             | M2IM/ 2   | 6  |
| Berufsschule              | Industriemechaniker/<br>3. Ausbildungsjahr             | M3IM/ 2   | 6  |
| Fachschule für<br>Technik | Automatisierungs-<br>technik/ 1. Schuljahr             | FTA1/ 1   | 12   |
| Fachschule für<br>Technik | Automatisierungs-<br>technik/ 2. Schuljahr             | FTA2/ 1   | 12   |

Mit allen weiteren Schularten können wir die Lernfabrik 4.0 problemlos wirtschaftlich auslasten.

### **Kompetenzentwicklung**

Die Grundlage für die Arbeit mit all diesen Schülern bildet für uns der Bildungsplan. Daran orientiert sich auch unser pädagogisches Konzept. Bei der Entwicklung der Kompetenzen (berufsfachlich wie überfachlich) setzen wir auf handlungsorientierte und praxisrelevante Lernsituationen. Wobei die Arbeit in Teams im Vordergrund steht, dadurch entwickeln wir insbesondere die soziale Kompetenz der Schüler.

Bei der Entwicklung unserer Kernkompetenzen haben wir bereits heute einen guten Status quo erreicht, Lehrmittelhersteller und Industrie bezeichnen unsere Systeme teilweise als „Lernfabrik 3.5 und höher. Die Lernfabrik 4.0 soll an der HGS im Rahmen von zwei vernetzten Systemen abgebildet werden:

1. Im CNC-Kompetenzbereich
2. Im Kompetenzbereich Automatisierungstechnik.

### **Der CNC-Kompetenzbereich**

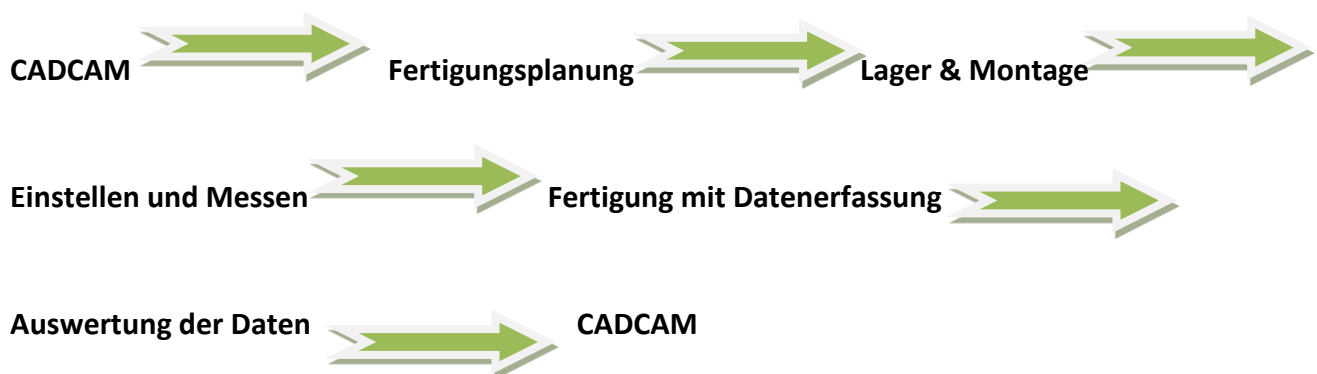
Zentraler Punkt der VDW-Zertifizierung war die praxisnahe, handlungsorientierte Kompetenzentwicklung. Auf den ersten Blick erfolgt hier der Kompetenzerwerb einer klar linearen Anordnung. Die Varianten der eingesetzten Werkstücke und die Individualisierung des Unterrichts erfordern aber häufig die eigenständige Erarbeitung von Systemwissen durch die Schüler. Wir bilden hierzu eine Lernsituation im Unterricht ab welche auch ein gestandener Facharbeiter im Rahmen eines betrieblichen Auftrages vorfindet.

Beispielsweise stellen wir einer konventionellen Programmierung eine Programmierung durch i-Machining gegenüber. Die Schüler erkennen hier beispielsweise, dass bei extremen Zerspanungsbedingungen die Belastung der Maschine reduziert wird.

*Eine exemplarische Lernsituation zu unserer Arbeit im CAD/CAM-Bereich finden Sie im Anhang. Ebenso die exemplarisch zu vermittelnden Kompetenzen und die Niveaustufen.*

Mit der Technologie 4.0 wollen wir den CNC-Kompetenzbereich um ein Industrie 4.0-fähiges Bearbeitungszentrum erweitern. Diese Technologie ermöglicht einen wesentlichen Ausbau der Lernsituationen. Im Rahmen der Lernfabrik 4.0 reicht es eben nicht, effektive, datenbankfähige Zerspanungsprogramme zu entwickeln. Die Datenerfassung im laufenden Prozess ist hier der zentrale Schlüssel, um die Lernsituationen auf 4.0 zu erweitern. Die Auswertung der Prozessdaten sorgt für ein vertieftes Verständnis des Systems Werkzeugmaschine. Wo bisher schlicht Herstellerangaben in Programme umgesetzt werden, können in der Lernfabrik 4.0 messwertgestützt Fertigungsstrategien entwickelt werden.

Ziel ist die komplett vernetzte Fertigung nach folgender Struktur:



Geplante Maßnahmen hierzu:

1. Anschaffung eines MES- fähigen Drehbearbeitungszentrums sowie eine Anbindung an die Lernfabrik 4.0 in Raum 160
2. Anschaffung eines Sensorischen Werkzeughalters ( Spike ) zur Überwachung und Optimierung von Fertigungsprozessen
3. Einrichtung einer zentralen Werkzeugverwaltung zur wirtschaftlichen Organisation von Werkzeugen und Maschinen
  - Ausstattung aller Werkzeuge mit RFID Datenträgern
  - Ausstattung der Gerätschaften und Maschinen mit RFID- Lesegeräten
  - Erweiterung des bestehenden Voreinstellgerätes ( Netzwerkanbindung/ PC- Verwaltung )
  - Direkte Anbindung und Verwaltung von Werkzeugdaten in das bestehende CAM- System

4. Vernetzung aller CNC- Maschinen
5. Anschaffung einer vernetzten Werkzeuglagerung
6. Hierzu sind diverse Elektroarbeiten und Schallschutzmaßnahmen erforderlich, zudem muss die Einrichtung des CNC- Kompetenzbereich um einige neue Möbel ergänzt werden.

#### **Der Kompetenzbereich Automatisierungstechnik**

Im Kompetenzbereich Automatisierungstechnik bilden wir folgende Technologien ab:

- Elektropneumatik
- SPS-Technik mit Bussystemen (Profinet, Profibus, AS i -Bus)
- Antriebstechnik mit Frequenzumrichter und Bussystemen (Profinet, Profibus)
- Robotertechnik
- IT-Technologie

Alle technischen Systeme erfordern für die zuverlässige und sichere Handhabung gewisse Grundkenntnisse. Hierzu haben wir mehrere Grundlagenlabore eingerichtet. Ergänzt werden die Grundlagenlabore durch das Labor Automatisierungstechnik. Hier lassen sich ebenfalls Grundlagen vermitteln, insbesondere SPS-Technik. Zusätzlich stehen aber im Labor Automatisierungstechnik kombinierte und vernetzte Anlagen zur Verfügung um die Technologien kombiniert an jeweiligen Lernsituation zu unterrichten. Schon bei den Grundlagen arbeiten wir mit industriellen Komponenten, vom Lernmodul zur Lernfabrik. Die Systeme genügen aber nur bedingt dem Industrie 4.0 Standard.

Hier exemplarisch die Schritte zum Kompetenzerwerb im Rahmen der SPS-Technik, welche wir im Rahmen der Lernfabrik 4.0 umsetzen wollen, teilweise abgeleitet aus unserem bisherigen Schulungskonzept zur Automatisierungstechnik:

- Kompetenzerwerb Grundlagen: Die Schüler erlernen die Bedienung, Programmierung und Fehlerbehebung an automatisierten Anlagen mit vernetzten SPS- Steuerungen. Dies erfolgt an realen Industriesteuerungen. Am Anfang noch mit simulierter Aktorik später mit kleinen Elektropneumatikeinheiten oder elektrischen Antrieben.
- Lernsituationen:
- Förderbandantrieb ansteuern
  - Bauteile, welche sich in einem Stapelmagazin befinden, werden mittels elektropneumatischen Zylindern vereinzelt.
  - Ausschleusen von Bauteilen aus einem Materialfluss
  - Handhabung von RFID-Chips
- Weitere zentrale zu vermittelnde Kompetenzen:

- Die Schüler nehmen einfache elektropneumatische Steuerungen am Lernsystem in Betrieb.
- Die Schüler wählen pneumatische Aktoren nach der jeweiligen Anforderung aus.
- ...

Erweiterte Kompetenzentwicklung: Die Lernsituationen werden hierzu komplexer und ergebnisoffen. Diese Zielsetzung sorgt für ein hohes Maß an prozeduralem Wissen bei den Schülern. Allein die komplexere Lernsituation könnte dies so nicht leisten. Wir bilden so den organischen Prozess in der Anlagenentwicklung ab. Zielvorgaben sind im Sinne des Kundenauftrages hier bindend, die Steuerungstechnische Umsetzung lässt in der Regel verschiedene Lösungsmöglichkeiten zu. Kernkompetenz ist hierbei die Einbindung der Lehrsysteme in die Lernfabrik sein.

Lernsituationen:

- Förderband und Stapelmagazin zu einem Materialfluss kombinieren.
- Sortieren verschiedener Materialien aus einem Materialfluss
- Ein- und Auslagern von Werkstückpaletten

Weitere zentrale zu vermittelnde Kompetenzen:

- RFID-Chips (an Werkzeugen oder Paletten) anwendungsbezogen konfigurieren und ins MES-System einbinden.
- Die Schüler entwickeln Strategien zur Fehlersuche
- Die Schüler beheben Störungen eigenständig
- ...

Die Schülerinnen und Schüler aus der Fachschule für Technik (Automatisierungstechnik/ Mechatronik) gehen bisher an der HGS noch einen Schritt weiter. Die Schülerinnen und Schüler konstruieren, bauen und programmieren im Rahmen der Technikerabschlussarbeiten industrielle Anlagen für unser Labor Automatisierungstechnik. Hier bilden wir fast den gesamten Wertschöpfungsprozess einer industriell automatisierten Anlage in der Schule ab. Die Schülerinnen und Schüler gestalten also eine Anlage von der Auftragsübergabe bis zur Inbetriebnahme selbstständig. Folgende Produkte haben wir so schon umgesetzt:

- Palettenlager zum Einschleusen und zum Ablegen von Paletten (Werkstückträger)
- Materiallager mit Handlungseinheit zur Einlagerung und Entnahme von Werkstücken
- 
- Förderanlagen und Umsetzstationen für Werkstückpaletten
- Antriebe mit Frequenzumrichtern unter Anbindung an ein Bussystem (Profibus)
- Lärmschleuse
- Buttonmaschine Stand Industrie 4.0

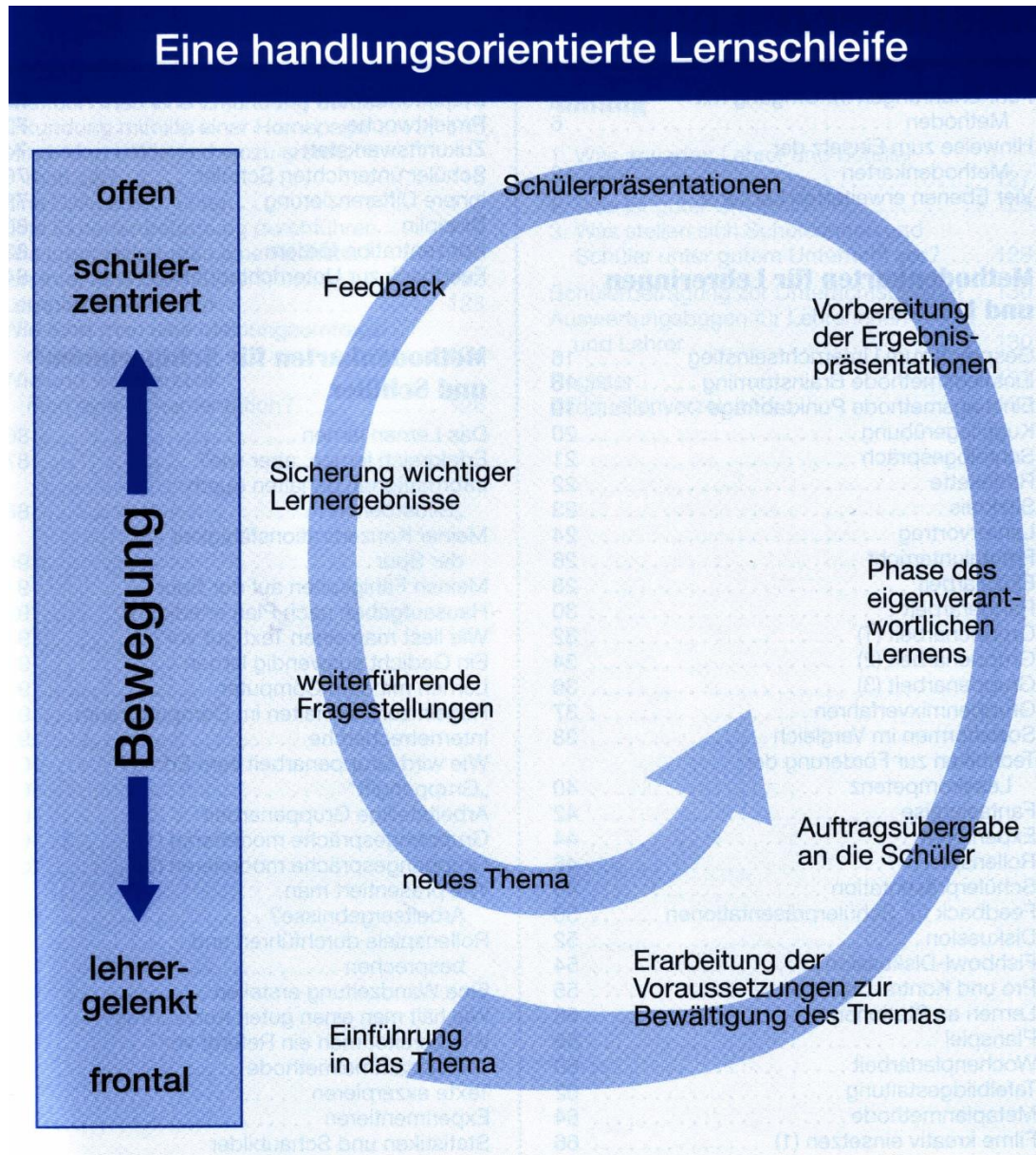
An dieser Strategie wollen wir auch zur Weiterentwicklung der Lernfabrik 4.0 festhalten.

#### **Einbindung eines MES (Manufacturing Execution System)**

Einige Ansätze aus Industrie 4.0 sind neu für die HGS, weshalb die Einordnung in das Kompetenzerwerbsraster derzeit noch schwer fällt. Insbesondere ist dies der Einsatz der übergeordneten Softwarebausteine (z. B. von SAP) zur Produktionsplanung und Produktionsüberwachung. Ansätze in den Bildungsplänen sind derzeit nur in der Fachschule für Technik zu finden, gleichwohl die Technologie mit Sicherheit auch Eingang in die Berufsausbildung bzw. die Technischen Gymnasien finden wird. Hierzu werden wir ebenso Lernsituationen für den Grundlagenerwerb und die erweiterte Kompetenzentwicklung formulieren und umsetzen.

## Unterrichtsgestaltung

Für den Kompetenzerwerb in diesen technisch sehr anspruchsvollen Bereichen richten wir die Unterrichtsgestaltung an der handlungsorientierten Lernschleife aus:



Quelle: Mattes, Wolfgang; Methoden für den Unterricht; Schöningh Verlag

Kombiniert mit interaktiven Sozialformen wie Partner und Teamarbeit lassen sich neben den fachlichen Kompetenzen auch viele überfachliche Kompetenzen entwickeln. Diese pädagogischen Ansätze stützen die gesamte Kompetenzentwicklung in der Lernfabrik 4.0.

### **Qualifizierung der Lehrkräfte**

Die erforderlichen Lehrkräfte wollen wir zeitnah mit der Einführung der Lernfabrik 4.0 qualifizieren. Dies geht nur in direktem Schulterschluss mit den Systemlieferanten. Hierzu sind industriennahe Ausbildungskurse in den beiden Kompetenzbereichen CNC-technik und Automatisierungstechnik erforderlich. Weiterhin brauchen wir unbedingt die professionelle Schulung für die übergeordnete Produktionssoftware. Die Arbeit mit RFID-Chips ist für uns noch völlig neu, hier bedarf es ebenfalls professioneller Unterstützung. Der Zeitaufwand ist hierbei sehr hoch, es besteht aber grundsätzlich die Bereitschaft der Lehrer sich in den Ferien weiterzubilden. Ein wichtiger Qualifizierungsbaustein wird das Coaching an der eigenen Anlage vor Ort an der HGS sein.

### **Schulentwicklungsplanung**

Nachdem an der HGS schon vor einigen Jahren eine regionale Schulentwicklung stattgefunden hat, wurden wir Schwerpunktschule für die gewerbliche Ausbildung in den Metall- und Elektroberufen. Dieses Profil konnten wir über eine lange Zeit jetzt entwickeln und ergänzen. Ein wichtiger Schritt war hier die Entwicklung der Fachschule für Technik mit den Fachrichtungen Automatisierungstechnik und Maschinentechnik. Die Schülerzahlen in der Fachschule für Technik sind exzellent, in der Berufsschule sind die Schülerzahlen stabil. Mit der Lernfabrik 4.0 wollen wir unser technisches Profil weiter schärfen. Weiterhin werden wir uns den neuen Strategien des Lernens anpassen und weiterentwickeln. Hierzu können wir schon in der Mittelstufe des Technischen Gymnasiums profilscharf arbeiten.

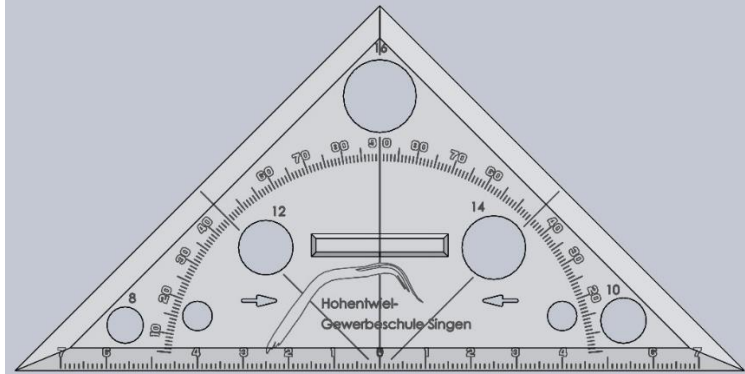


# Exkurs

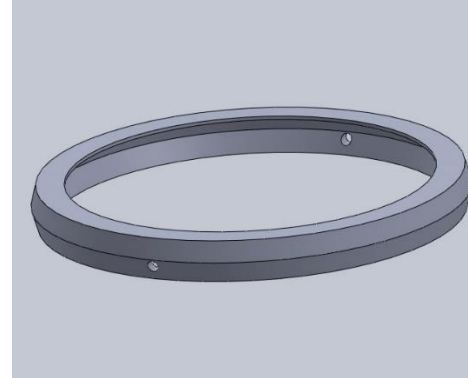
Exemplarische Lernsituation aus dem CAD/CAM-Bereich

## Projekte der Werkzeugmechaniker seit 2012

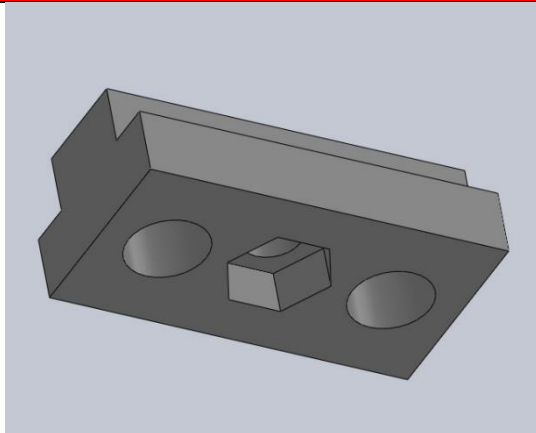
**2012 Geodreieck Schule**



**2013 Dichtung Aptar**



**2014 Stopper Aptar**



**2015 Zugprobe Schule**



**Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützter Fertigung (60 Stunden)**

**BESCHREIBUNG DER LERNSITUATION:** Ein Zugprobe (2015) soll gefertigt werden. Nach der Erstellung der CAD-Zeichnung in SolidWorks wird die Zeichnung in Solidcam geladen. Dort wird das Programm generiert und anschließend in ein maschinenlauffähiges Programm umgewandelt. Das Werkstück wird in BTW hergestellt. Dabei werden die notwendigen Rahmenbedingungen beachtet. Eine Optimierung rundet die Lernsituation ab.

| DIDAKTISCHER ABLAUFPLAN :<br>Lernfeld 10 (WM) <i>Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützter Fertigung</i> |  | HANDLUNGSKOMPETENZ   |  |   | Unterrichts-Methoden   | Lernorte / Stunden |     |     |
|---|--|--|--|---|--|--------------------|-----|-----|
|   |  | Fachkompetenz  | Projektkompetenz   |   |  | BT                 | BTL | BTW |
| Phase der Handlung  | Lernaufgabe  |  | Sozial-/ Personal-kompetenz  | Methoden- und Lernkompetenz   | BT   |                    |     |     |
|   |  | Die Schüler/innen:   | Die Schüler/innen:   | Die Schüler/innen:  |  |                    |     |     |
| <b>Analysieren/ Informieren</b>   | Analysieren der Skizzen und den Arbeitsauftrag. Informieren Sie sich über die Vorgehensweise bei der Herstellung des Projektes<br><br>(Grundkurs SolidCAM) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren sich über Aufbau und Struktur von CAD/CAM-Systemen <b>A1</b></li> <li>• analysieren der Skizzen und des Kundenauftrags <b>A2</b></li> <li>• informieren sich über SolidCAM</li> <li>• erkennen Vor- und Nachteile</li> <li>• bauen Fachwissen auf</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen Probleme</li> <li>• stellen sich auf neue Situationen ein</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• suchen Informationen und werten sie aus</li> <li>• Gliedern die Aufgabenstellung</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Internetrecherche</li> <li>• Arbeit mit Betriebsunterlagen</li> <li>• Fachbuch EinsVerlag</li> </ul>                              | 2                  |     |     |
| <b>Planen</b>   | Planen Sie die notwendigen Schritte zur Herstellung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• planen die Vorgehensweise</li> <li>• erstellen ein 3D Modell mit SolidWorks <b>P1</b></li> <li>• erstellen einen Arbeitsplan (siehe 2. Lehrjahr) <b>P2</b></li> <li>• wählen Werkzeuge aus (siehe 2. Lehrjahr) <b>P3</b></li> <li>• Arbeit das VDW-Dokument durch.</li> <li>• erstellen das Projekt in SolidCAM <b>P4</b></li> <li>• planen die Aufspannung des Werkst. <b>PW1</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten im Team.</li> <li>• planen ihre Tätigkeiten</li> <li>• verteilen Funktionen und Aufgaben</li> <li>• erkennen Probleme</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• wählen Arbeitsverfahren aus</li> <li>• grenzen Probleme ein</li> <li>• entwickeln Lösungsstrategien</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeit mit CAD</li> <li>• Arbeit mit Excel</li> <li>• Partnerarbeit</li> <li>• Tabellenbuch</li> <li>• Lehrerzentriert</li> </ul> | 2<br>1             |     |     |
|   |  |  |  |   |  | 1<br>8             |     | 2   |
|   |  |  |  |   |  |                    | (8) |     |
|   |  |  |  |   |  |                    |     | 2   |

|                                     |  |   |   |  |  |            |   |
|-------------------------------------|--|---|---|--|--|------------|---|
| <b>Durchführen/<br/>Ausführen</b>   | Erstellen Sie das Programm für das Projekt, simulieren Sie dieses und stellen Sie das Werkstück her                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• generieren in Solidcam ein Programm <b>D1</b></li> <li>• wandeln mit Hilfe des Postprozessors das Programm in ein lauffähiges Maschinenprogramm um. <b>D1</b></li> <li>• richten die Werkzeuge ein.</li> <li>• kontrollieren die Sicherheitseinrichtungen</li> <li>• richten die Werkzeugmaschine ein</li> <li>• simulieren das Programm, machen einen Testlauf und stellen das Werkstück her <b>DW1</b></li> <li>• ermitteln die Fertigungszeiten</li> <li>• beachten die Arbeits- und Umweltschutzbedingungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• halten sich an ihren Zeitplan</li> <li>• zeigen Verlässlichkeit.</li> <li>• erkennen Probleme und tauschen sich aus</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• übertragen Gelerntes auf neue Aufgaben.</li> <li>• strukturieren Lösungsstrategien</li> <li>• führen selbständig durch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeit mit Industriesoftware</li> <li>• Partnerarbeit</li> <li>• Einzelarbeit</li> </ul>                    | 6<br><br>1 | 6 |
| <b>Bewerten/<br/>Kontrollieren</b>  | Bewerten Sie Ihr Programm bezüglich Reihenfolge der Fertigungsschritte, Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Zeit und Kosten | <ul style="list-style-type: none"> <li>• richten den 3D Messplatz mit der geeigneten Vorrichtung ein (Zeiss Messmaschine). <b>BW1</b></li> <li>• erstellen Prüfprotokolle und füllen diese aus <b>BW1</b></li> <li>• bewerten die Messergebnisse. <b>BW1</b></li> <li>• bewerten Zeiten und kalkulieren die Kosten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• üben Sorgfältigkeit.</li> <li>• besprechen und präsentieren Ergebnisse.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen systematisches Vorgehen.</li> <li>• bewerten</li> <li>• revidieren</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit</li> <li>• Arbeiten mit USoft (Zeiss)</li> <li>• Excel</li> <li>• Wirtschaftskunde</li> </ul> | 2          | 6 |
| <b>Reflektieren/<br/>Optimieren</b> | Optimieren Sie das Programm.<br>Stellen Sie Ihre Lösung dar.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren den Herstellungsprozess <b>RW1</b></li> <li>• reflektieren den Lösungsfindungsprozess</li> <li>• optimieren bezüglich Qualität und Kosten</li> <li>• erstellen QRK <b>R1/2</b></li> <li>• dokumentieren und präsentieren die Arbeitsergebnisse</li> <li>• optimieren des CNC Programmes mit iMaching</li> <li>• fräsen des optimierten Programmes</li> <li>• vergleichen Schnittkräfte, Biegemomente mit SPIKE</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren im Team.</li> <li>• erkennen Schwächen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeigen Teamfähigkeit.</li> <li>• üben freies Sprechen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit</li> <li>• Präsentieren von Ergebnissen</li> </ul>   | 8          |   |

Hinweise: A=Analyse, P=Planen, D=Durchführen, B=Bewerten, R=Reflektieren

**D1:** Theorieeinheit 1.

**RW1:** Werkstatteinheit 1

**D1** weist als Hyperlink auf das entsprechende Arbeitsblatt hin