

# Elektrischer Garagentorantrieb als mechatronisches System

## Ausgangssituation

In den letzten Jahren scheint sich die Halbwertszeit pädagogischer Innovationen in der Berufsbildung zunehmend zu verkürzen. Ein didaktisches Konzept löst das andere ab, ein methodisches Prinzip wird durch das nächste verbessert und ein Modellversuch jagt den anderen. Dem unterrichtenden Lehrer ist dieses Phänomen grundsätzlich nicht neu, da er von der technischen Entwicklung her, insbesondere in den Fachbereichen Elektro- und Metalltechnik an eine erhebliche Dynamik gewöhnt ist. Aber muss er sich auch in der unterrichtlichen Umsetzung einer solch großen Instabilität unterwerfen? Denn werden die postulierten Ideale wie Handlungsorientierung, Fach-, Methoden-, Sozial-, Personalkompetenz oder Lernfeldorientierung so hoch angesiedelt, dass sie auf Grund der existierenden Rahmenbedingungen in der Schule und ihrem Umfeld nicht erreichbar sind, werden Resignation, Frustration und Verweigerung bei den Lehrerinnen und Lehrern nicht ausbleiben!

Um in dieser kritischen Situation konsolidierend wirken zu können, erscheint es uns und einer Gruppe erfahrener Lehrer in den Nachbarländern Belgien und Luxemburg notwendig, Bewährtes mit Neuem zu verknüpfen. Im Rahmen eines LEONARDO DA VINCI-Projektes ("Eurolehrplan") entsteht ein Lehr-/Lernsystem für elektrotechnische Berufe einschließlich des Mechatronikers.

## Zielsetzungen

Die Grundforderung an das System ist die Möglichkeit, einen **handlungsorientierten Unterricht** zu ermöglichen, um bestimmte Lerninhalte, die sich aus den Lehrplänen der beteiligten Ländern ableiten lassen, zu vermitteln. Diese Forderung impliziert auch die Berücksichtigung aller Kompetenzen, wie sie in den lernfeldorientierten KMK-Rahmenlehrplänen unter "Teil II: Bildungsauftrag der Berufsschule" beschrieben sind. Insbesondere sind hier Fach-, Personal-, Sozial-, Methoden- und Lernkompetenz zu nennen.

Das Lernen in der Berufsschule soll von einer konkreten, **beruflichen Handlungssituation** ausgehen. Hierzu wurde ein elektrischer Garagentorantrieb gewählt, wie er in jedem Fachgeschäft zu kaufen ist. Mit einigen Veränderungen, beispielsweise Simulation eines Garagentors oder Herausführung einiger Messpunkte, sind typische berufliche Operationen möglich:

- Montage,
- Inbetriebnahme,
- Einstellungsarbeiten,
- Instandhaltung,
- Fehlersuche,
- Reparaturen.

Voraussetzung zur Bewältigung dieser Arbeiten ist die Kenntnis der fachlichen elektrischen, elektronischen und mechanischen Grundlagen bzw. die Fähigkeit, sich diese selbständig zu erarbeiten. Damit ist die Frage nach **Methoden** angesprochen,

die ein Lernen für das Handeln und auch Lernen durch das Handeln ermöglichen. In den vorliegenden Unterrichtseinheiten wurde für den Unterricht exemplarisch die Leittextmethode gewählt. Selbstverständlich ist die breite Skala der bekannten Methoden anwendbar. Insbesondere Methoden, die das selbständige Handeln des Schülers fördern, sind zu favorisieren. Mit diesem Modell sollen insbesondere das Systemdenken und vernetztes, ganzheitliches Denken aufgrund von Systemanalyse weiterentwickelt werden.

Dazu wurden **Handreichungen** für Schüler und Lehrer erstellt, d.h. zu den Einheiten gibt es Infotexte, Basistexte, Aufträge, Aufgaben, Tests, Lösungen und ein mehrsprachiges Glossar. Zunächst werden diese Unterlagen als Printmedien erstellt, dann aber auch als CD-ROM oder per Internet verfügbar sein.

Das System ist zwar in sich geschlossen, bietet aber die Möglichkeit, über eine vorhandene Schnittstelle periphere Beschaltungen vorzunehmen; auch technische Weiterentwicklungen oder rechtliche Festlegungen können leicht berücksichtigt werden. Zum ersten Fall ist vorgesehen, mittels eines programmierbaren Relais (Mini-SPS) Zusatzbeschaltungen einzubeziehen, die der Sicherheit oder dem Komfort des Betreibers dienen. Der zweite Fall bezieht sich auf die Erstellung einer Unterrichtseinheit "EMV" (Elektromagnetische Verträglichkeit). Dabei handelt es sich nicht nur um technische Probleme, z.B. unbeabsichtigtes Schließen oder Öffnen des Garagentors, sondern auch um einen rechtlichen Raum, in dem es um die Beachtung europäischer Normen, Richtlinien und Gesetze geht. Das technische Lehrmodell erfüllt damit Funktion eines **Gestaltungsmediums**, das sowohl dem Lehrer als auch den Schülern die Möglichkeit bietet, eigene Interessen und Erwartungen in den Unterricht einzubringen.

Besonderer Wert wurde auf die Berücksichtigung der **schulischen Rahmenbedingungen** gelegt. Das System ist so übersichtlich, dass es auch von einem einzelnen Lehrer mit einer relativ großen Klasse beherrscht werden kann. Ferner gibt es bei der Nutzung dieses Lehr-/Lernsystems kaum besondere Vorbereitungs- und Rüstzeiten für Lehrer. Außer einer 230 V-Steckdose und einer Stellfläche bestehen keine speziellen Anforderungen, d.h., die Unterrichtseinheiten sind zwar für das Arbeiten in einem integrierten Fachraum konzipiert, aber auch in einem klassischen Unterrichtsraum können Elemente des Systems sinnvoll genutzt werden.

Ein zentrales Thema ist zur Zeit die **Lernortkooperation** zwischen Berufsschule und Ausbildungsbetrieben. Auch dieses Lehr-/Lernsystem kann gemeinsame Aktionen zwischen Schule und Betrieb initiieren und fördern. Aber jeder Lehrer kennt die Probleme einer gemeinsamen Projektarbeit, wenn in einer Klasse Auszubildende mehrerer Betriebe sind! Dann ist es sicher hilfreich, auf ein Projekt zurückgreifen zu können, das grundsätzlich auch ohne die Kooperations- bzw. Koordinationsprobleme mit unterschiedlichen Betrieben funktioniert.

Schließlich sei noch auf ein spezifisches Anliegen im Rahmen unseres EU-Projektes verwiesen, da hierbei auch die europäische Dimension, die **Eurokompetenz**, berücksichtigt werden soll. Z.B. erhöht sich ständig die Mobilität saarländischer Handwerker in Richtung Frankreich, Luxemburg oder Belgien. Der Elektriker, der einen elektrischen Garagentorantrieb in Frankreich installiert, benötigt Sprachkenntnisse, um evtl. Betriebsanleitungen, örtliche Vorschriften u. dgl.

verstehen zu können; auch die Kenntnis kultureller und regionaler Besonderheiten (Wie gehe ich mit meinen Kunden um?) kann für die Berufsarbeit bedeutsam sein. Aber auch für Berufe wie den Mechatroniker wird Sprachkompetenz im Lehrplan gefordert. Deshalb wird zu den Unterrichtseinheiten jeweils ein Glossar erstellt, das ein englisches und französisches Vokabular enthält. In einer weiteren Phase wird auch an den Austausch von Lehrern und Schülern mit den Partnerländern gedacht.

## **Aufbau**

Das folgende Bild zeigt die Gesamtansicht des Modells (Gesamtgröße 28cm X 120 cm):

s. Datei Torantrieb.jpg

Auf der Frontplatte befinden sich Messbuchsen zur Messung von Trafo- und Motorspannungen sowie des Motorstroms; mittels zweier Potentiometer läßt sich die Zug- oder Schließkraft des Antriebs einstellen. Die Belastung wird über einen pneumatischen Zylinder simuliert und die Kraft sowie die Stellung des Garagentors über LEDs angezeigt. Sensoren für periphere Ansteuerungen mittels SPS sind in einer weiteren Aufbaustufe vorgesehen.

## **Beispiele für den Unterrichtseinsatz**

Auszüge aus den Unterrichtsentwürfen von Willy Paquet (Belgien), Jean Karier und André Thill (Luxemburg), Arno Neuschwender, Wolfgang Gensen, Reiner Kreuzer (Deutschland)

### **1.Unterrichtseinheit (UE): Garagentorantrieb als mechatronisches System**

#### **Infotext**

Der Garagentorantrieb ermöglicht das automatische Öffnen und Schließen eines Garagentores. Die Betätigung erfolgt ferngesteuert, z.B. aus dem Auto heraus, über ein Funksignal. Es ist ein handelsüblicher Garagentorantrieb (BOSCH Comfortlift) im Niedrigpreissegment. Das System läßt sich grob wie folgt strukturieren: Antriebsmotor, Mechanik, Elektrik/Elektronik und Funkfernsteuerung.

Als Antriebsmotor dient ein üblicher Kfz-Scheibenwischermotor, 12 V DC, der über einen Kettenantrieb einen auf einer Gleitstange befindlichen Laufwagen vor und zurück bewegt. Ein am Laufwagen befestigtes Gestänge ist mit dem Garagentor verbunden.

Der Garagentor-Antrieb ist mit einem automatischen Sicherheitssystem ausgerüstet. Bei Auffahren auf ein Hindernis wird die Garagentorbewegung sofort gestoppt. Bei einer Tor-Zu- Bewegung wird danach das Hindernis durch Reversieren freigegeben. Bei der Montage müssen Zug- und Druckkraft des Garagentor-Antriebes so eingestellt werden, daß Personen durch das auflaufende Garagentor nicht verletzt werden.

## **Basistext**

Technische Systeme und Anlagen stellen heute zumeist eine Kombination von mechanischen und elektrischen bzw. elektronischen Funktionsgruppen dar. Systeme dieser Art werden als **Mechatronische Systeme** bezeichnet. Die zunehmende Automatisierung industrieller Fertigungsprozesse, die wachsende Mobilität der Menschen, die stetige Ausweitung der Informations- und Kommunikationsmedien erfordern eine Vielzahl mechatronischer Systeme, -Anlagen und -Geräte. Entwicklung, Produktion, Montage, Aufstellung, Einstellung, Wartung und Bedienung stellen neue, berufsspartenübergreifende Anforderungen an Techniker. Konsequenterweise ist daher die Schaffung eines neuen Ausbildungsberufes Mechatroniker, der die bislang strikte Trennung zwischen Mechanik und Elektrik/Elektronik überwindet. Elektrische Maschinen, elektrische und elektronische Steuerung, Funkfernsteuerung, Meßtechnik, Mikromechanik, Sensortechnik, Werkstofftechnologie und Mechanik stellen wesentliche Inhalte beruflicher Erstausbildung dar. Als Beispiel für ein mechatronisches System ist der Garagentorantrieb sehr gut geeignet. Das vorliegende didaktische System besteht aus einem nahezu unveränderten handelsüblichen Garagentorantrieb, BOSCH - Comfortlift, der in eine für Unterrichtszwecke geeignete Peripherie eingebaut ist.

## **Technologieschema**

Das mechatronische System „Garagentorantrieb“ besteht aus fünf Subsystemen (Baugruppen):

1. Netzteil
2. DC-Motor
3. Mechanik
4. Elektronische Steuerung
5. Funkfernsteuerung

s. Datei Technoschema.doc

Im Hauptgerät befinden sich Netzteil, Hauptplatine mit der elektronischen Steuerung, Gleichstrommotor mit angebaute Getriebe (Kfz-Scheibenwischermotor) und Antriebsritzel, Funkfernsteuerplatine (Empfänger), Beleuchtung (Glühlampe 40 W/E14) und Bedienelemente.

## **2. UE: Elektromagnetismus / Elektrische Maschinen am Beispiel Garagentorantrieb**

Nach kurzer Sichtprüfung des Systems ist festzustellen, dass drei verschiedene Komponenten mittels Elektromagnetismus funktionieren:

- Antriebsmotor,
- Transformator und
- Relais.

Ausführliche Informationen zu diesen Themen können u.a. in folgenden Fachbüchern eingesehen werden:

- Transformator, Gleichstrommotoren, Relais und Messgeräte in „Fachkunde Elektrotechnik“ Verlag Europa-Lehrmittel ISBN 3-8085-3018-9
- Kfz-Scheibenwischermotoren in „Elektrische Systeme im Kraftfahrzeug“ Vogel Verlag ISBN 3-8023-1496-4

### **Auftrag**

Machen Sie sich vertraut mit den elektromagnetischen Komponenten des Garagentorantriebs.

Falls nötig wiederholen Sie kurz die elektromagnetischen Grundlagen zu den genannten Komponenten.

Beantworten Sie folgende Fragen bzw. führen Sie die Aufträge aus:

### **Fragen / Aufträge (Auszug aus der UE)**

#### A. ANTRIEBSMOTOR

1. Welche Motorenart wird vom Hersteller eingesetzt ? Begründen Sie Ihre Antwort!
2. Warum sind die Steckanschlüsse des Motors nicht mit Polaritätskennzeichen markiert?
3. Warum hat der Hersteller keinen Kleinmotor von 220 V ~ für den Antrieb vorgesehen?

#### B. TRANSFORMATOR

1. Bestimmen Sie die Kernart des Transformators und deuten Sie Unterschiede in Primär- und Sekundärwicklung an!
2. Suchen Sie die Angaben auf dem Transformator:  
 $U_1 = \dots V$        $U_2 = \dots V$        $S = \dots VA$
3. Weshalb ist die Transformatorleistung in VA und nicht in W angegeben?
4. Welchen Sinn hat der geblechte Kern des Transformators ?

### **3.UE: EMV und betroffene EU-Richtlinien**

#### **Infotext:**

Der Garagentorantrieb ist ein mechatronisches Gerät, das den Europäischen Richtlinien:

- EMV-Richtlinie 89/336/EWG,
  - Maschinenrichtlinie 89/392/EWG und
  - Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG
- unterliegt. Das Gerät ist CE-kennzeichenpflichtig.

#### **Basistext:**

EMV-Begriff

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, engl. EMC : electromagnetic compatibility, frz. CEM: Compatibilité Electromagnetique) ist die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären

Elektromagnetische Störung ist jede elektromagnetische Erscheinung, die die Funktion eines elektrischen Gerätes beeinträchtigen könnte, dies kann elektromagnetisches Rauschen, ein unerwünschtes Signal oder eine Veränderung des Ausbreitungsmediums selbst sein.

EMV läßt sich so zunächst in zwei Teilbereiche aufteilen :

- **Störaussendung** (Funkenstörung), frz.: **émission**, engl.: **emission** und
- **Störfestigkeit** (Störbeeinflussung), frz.: **immunité**, engl. **immunity** (susceptibility).

Die **Störaussendung** ist die Abgabe unerwünschter Signale. Man unterscheidet zwischen geleiteten Störaussendungen auf Netz-, Daten-, Signal- und Steuerleitungen und den gestrahlten Störaussendungen.

Die **Störfestigkeit** ist die Fähigkeit eines Gerätes während einer elektromagnetischen Störung ohne Funktionsbeeinträchtigung zu arbeiten.

Es ist das **Ziel der EMV** sicherzustellen, dass elektrotechnische Module, Geräte, Systeme und Anlagen ihre Umgebung nicht über ein vertretbares Maß hinaus stören und andererseits , bis zu einem gewissen Grad, nicht durch Störungen aus der Umgebung beeinflussbar sind.

**Rechtsgrundlage** im europäischen Rahmen ist die **EMV-Richtlinie 89/336/EWG**, die die Schutzziele definiert. Weitere harmonisierte europäische EMV-Normen (EN-Normen) enthalten alle Anforderungen. Bei vollständiger Erfüllung dieser Anforderungen wird davon ausgegangen, dass die Schutzziele der Richtlinie erfüllt werden.

In Deutschland wurde die **EMV-Richtlinie** des Europäischen Rates durch das Gesetz zur Elektromagnetischen Verträglichkeit von Geräten (EMVG) in der Neufassung vom 18. September 1998 umgesetzt. Ihm unterliegen alle Geräte, also alle elektrische und elektronische Apparate, Systeme, Anlagen und Netze, die elektrische oder elektronische Bauteile enthalten. Die Palette reicht vom CD-Player bis hin zur industriellen Fertigungsstraße.

Die EMV-Richtlinie und das damit verknüpfte Normenwerk legt europaweit einheitliche Grenzwerte fest, die die maximal erlaubte Störaussendung und die minimal geforderte Störimpfindlichkeit der betroffenen Geräte vorschreiben. Die zuvor in den einzelnen Mitgliedstaaten gültigen unterschiedlichen Grenzwerte wurden außer Kraft gesetzt. Durch die Einführung einer EU - einheitlichen Normung wurden Handelsbarrieren in Europa abgebaut. Gleichzeitig wird durch die Einhaltung der Grenzwerte ein hoher Qualitätsstandard der elektrischen und elektronischen Produkte in der gesamten EU erreicht und damit auch die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen aus Industrie und Handwerk auf außereuropäischen Märkten verbessert.

## **Erster Auftrag (Auszug)**

## **Allgemeines Informieren**

Machen Sie sich vertraut mit dem elektrischen System des Garagentorantriebs!  
 Klären Sie die Funktionsweise und informieren Sie sich über EMV-,  
 Niederspannungs- und Maschinenrichtlinie!

Gehen Sie nach folgender **Auftragsliste** vor:

1. Lesen Sie die Bedienungsanleitung bezüglich der elektrischen Funktion und den Sicherheitsanforderungen durch!
2. Überprüfen Sie das CE-Kennzeichen! Informieren Sie sich dazu im "Infoblatt „CE-Kennzeichen“.
3. Nutzen Sie die Online-Information im Internet: **www.emv-online.de!**

## **Fragen (Auszug)**

## **Allgemeines Informieren**

1. Wie beurteilen Sie die Montage- und Bedienungsanleitung bezüglich der mechanischen und den elektrischen Sicherheitsanforderungen?
2. Welche drei Abschnitte finden Sie im Online-Angebot des emv-Verlages unter „Gesetze und Normen“?

## **Zweiter Auftrag (Auszug)**

## **Durchführen der Sicherheits- und EMV-Analyse**

Führen Sie eine einfache EMV-Analyse durch! Untersuchen Sie die elektrischen und mechanischen Komponenten auf Sicherheit!

Gehen Sie nach folgender **Auftragsliste** vor:

1. Fertigen Sie eine einfache EMV-Analyse des Systems an:
  - Schließen Sie die Abdeckhaube des Hauptgerätes und nehmen Sie das System in Betrieb!
  - Testen Sie mittels eines Transistorradios in den verschiedenen Wellenbereichen LW, MW, KW und UKW die möglichen Störaussendungen während des Betriebes des Garagentorantriebs!
2. Untersuchen Sie das Gesamtsystem und speziell den Kettenantrieb auf mögliche Verletzungsgefahren!

## **Fragen (Auszug)**

## **Sicherheits- und EMV-Analyse**

1. Nennen Sie die wichtigsten EMV-relevanten Komponenten des Systems!
2. Wie bewerten Sie die Störaussendungen des Systems: Siehe dazu Infoblatt „EMV-Messungen“

## **4. UE: Verwendung eines programmierbaren Relais**

Das Gerät EASY der Firma Moeller ist ein programmierbares Relais, d.h. eine kompakte speicherprogrammierbare Steuerung mit einfacher Programmeingabe, die sich für den Einsatz in der Haus- und Installationstechnik oder im Maschinen- und Anlagenbau anbietet.

Da der Garagentorantrieb bereits zwei Zusatzanschlüsse für elektromechanischen Tasterbetrieb und für eine Sicherheitseinrichtung besitzt, müssen nur noch zwei bis vier zusätzliche Sensoren installiert werden, um nachfolgende Aufgaben zu realisieren:

1. Bei Dunkelheit (Helligkeitssensor oder Schaltuhr !) soll bei Öffnung des Garagentores mittels Fernbedienung die Hofbeleuchtung automatisch eingeschaltet und beim Schließen wieder ausgeschaltet werden.
2. Bei Dunkelheit soll, nachdem ein Fahrzeug in die Garage gefahren wurde (erfasst z.B. durch eine Lichtschranke), die Flurbeleuchtung des Hauses einschalten und nach Ablauf einer Verzögerungszeit wieder ausschalten.
3. Bei in der Garage abgestelltem Fahrzeug und geschlossenem Tor, soll als Sicherheit, sobald sich das Fahrzeug zum Herausfahren in Bewegung setzt, eine Warnhupe ertönen und das Tor sich automatisch öffnen.
4. Wenn sich ein Fahrzeug unter dem Garagentor befindet, soll dieses - auch mittels Fernbedienung - nicht in Bewegung versetzt werden können.

#### Informationen:

- Reiner Kreuzer, Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Goebenstraße 40, 66117 Saarbrücken,  
Tel.: 0681/5867-279  
E-Mail: [rkreutzer@htw.uni-sb.de](mailto:rkreutzer@htw.uni-sb.de)
- Helmut Ulmer, Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM)  
Beethovenstraße 26, 66125 Saarbrücken  
Tel.: (06897) 7908-83  
E-Mail: [HUlmer@pegasus.lpm.uni-sb.de](mailto:HUlmer@pegasus.lpm.uni-sb.de)

Weitere Informationen werden demnächst im Internet bereitgestellt.

-----  
Angaben zu den Autoren:

OStR Dipl.-Ing. Reiner Kreuzer,  
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes in Saarbrücken,  
Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit,  
Arbeitsschwerpunkt: Technologietransfer in die berufliche Bildung

StD Helmut Ulmer, Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM) in Saarbrücken,  
Leiter des Bereiches "Berufliche Bildung" in der Lehrerfortbildung,  
Arbeitsschwerpunkte: Organisation von Lehrerfortbildungsveranstaltungen im  
Bereich Technik, Durchführung von Projekten und Modellversuchen