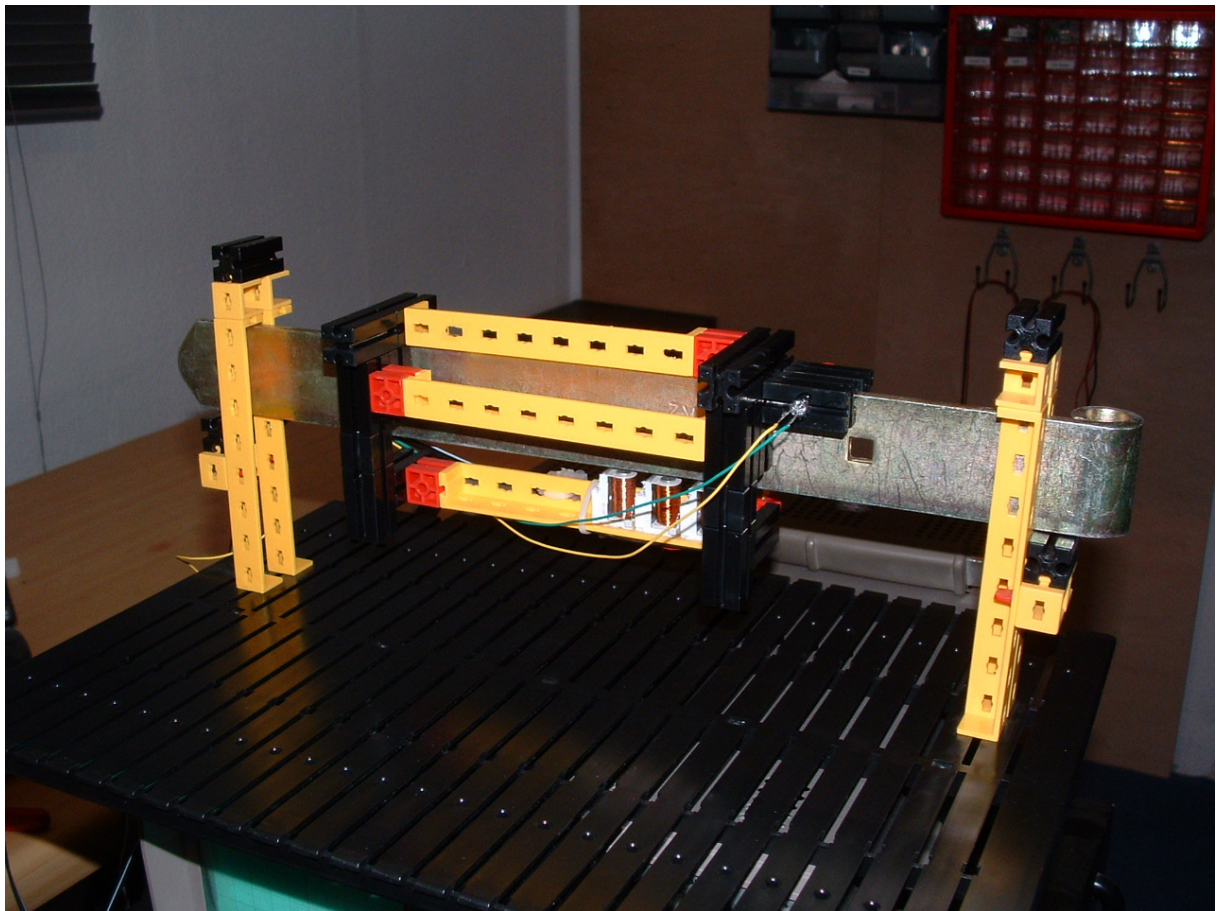


Modellaufbau Elektromagnetisches Schweben

Markus Daum, Reutlingen im August 2006

Durch das Elektorheft vom Februar 2006 wurde ich auf die Technik des Transrapid aufmerksam. Nun ist es noch ein weiter Weg, bis das erste Modell bei mir im Bastelkeller seine Runden drehen kann, aber ein erster Schritt ist getan: ein Schlitten auf Basis Fischertechnik kann schweben (Photo 1: Schlitten) !



Die drei im Bild erkennbaren Spulen (Photo 2: Spulen) wurden aus 6V Gleichstromrelais entnommen. Sie ziehen den Schlitten mit PWM-modulierten 20V Gleichstrom von unten an die Eisenschiene und lassen los, wenn die Magnete der Schiene zu nahe kommen. Im stromlosen Zustand beträgt der Abstand 2,5 mm. Im Schwebetrieb wird ein Luftspalt von 1mm -1,5mm hergestellt. Entscheidende Bedeutung kommt der Abstandsmessung zu: sie muss schnell sein und genau. Der Transrapid bedient sich hierzu einer induktiven Anordnung (Verstimmung einer Spule bei Annäherung an Eisenmetalle), die allerdings recht anspruchsvoll ist, was Auflösung und Reaktionsgeschwindigkeit betrifft (wir arbeiten daran!). Gute Ergebnisse wurden alternativ mit einer optischen Anordnung aus heller weißer LED und

Phototransistor erzielt. Im stromlosen Zustand (Schlitten liegt auf) wird die LED durch die Schiene verdeckt (Photo3: Lichtschranke unten). Sobald die Magnete anziehen und sich der Schlitten hebt, kommt die LED hinter Schiene hoch und beleuchtet den Phototransistor (Photo4: Lichtschranke oben). Wir erhalten so ein analoges Mess-Signal für den Abstand zwischen Magneten und Schiene, das am Analogport AN0 mit Werten von 0 (2,5mm) bis ca. 100 (0mm) ablesbar ist. Der Sollwert beträgt 40-65, also gerade die Mitte dazwischen. Der gemessene Abstandswert bestimmt die %-Phase der PWM-Steuerung, die auf die Spulen wirkt.

Das Programm

Analogeingang Phototransistor: P07 = AN0

Digitaler PWM-Ausgang: P10

Timer X erzeugt Interrupts von 10µsec. Jede PWM-Welle dauert 100µsec, danach wird der Abstand gemessen und die Pulsweite nachgeregelt. Das Programm arbeitet mit einer klassischen PID-Regelung, die als Stellgröße die Pulsweite der Spulenpannung vorgibt:

P wie proportional: der Abstand (Soll=50) bestimmt die Pulsbreite - je größer Soll-Ist desto mehr Strom.

I wie integral: die Summe der Fehlerterme übt einen proportionalen Korrektoreinfluss aus.

D wie differential: die Verringerung des Abstands reduziert die Pulsweite, um ein Überschießen aufgrund der Spulenträgheit zu verhindern.

Der Abstandssensor liefert Werte zwischen 0 und 100, PWM ist die prozentuale Phasendauer.

Die Parameter des PID-Modells: $PWM = P \cdot 1 + I \cdot 0,02 - D \cdot 5$

Erfahrungen:

1. Nach Versuchen mit verschiedenen Regelungsalgorithmen brachte das PID-Modell sofort gute Ergebnisse. Der Schlitten schwingt sauber ein und hält (an der angehobenen Seite) den eingestellten Abstand von der Schiene (Parameterwerte 40-60 getestet). Die mechanische Konstruktion ist als erste Näherung zu sehen, da nur eine Seite angehoben wird.
2. Je geringer der Abstand zwischen den Magneten und der Schiene bzw. je größer der Luftspalt über der Trasse, desto weniger Energieeinsatz ist für die Spulen (20V, 300-

500 mA) nötig. Das liegt wohl daran, dass die Magnete weniger weit abfallen und somit weniger Energie für das Hochziehen benötigt wird.

Die Schaltung

Die Schaltung birgt keine Geheimnisse (siehe beigefügten Schaltplan). Es kommt das R8C13-Board (Starter-Kit vom Dezemberheft 2005) zum Einsatz. Die PWM-Steuerung der Spulen wurde galvanisch abgetrennt, um Rückwirkungen auf die Abstandsmessung auszuschließen.