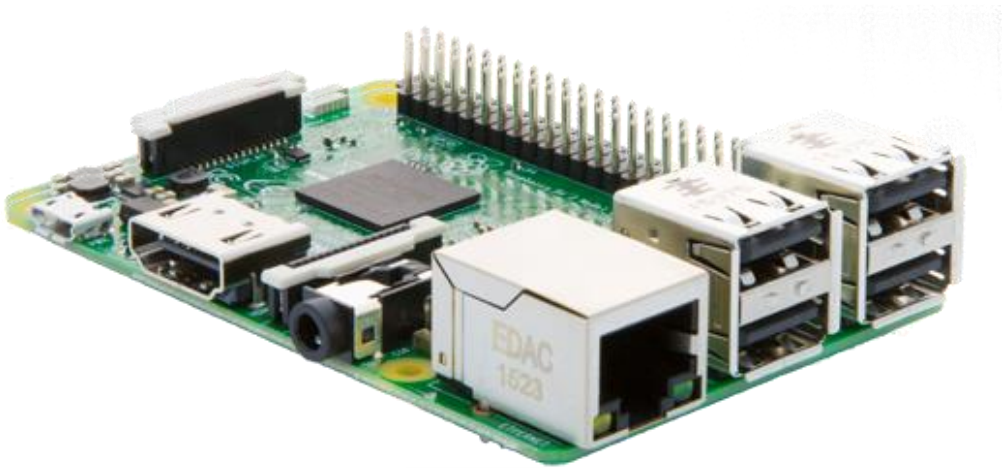
AKDY
Automatisierungstechnik GmbH
we control the move

BVT-AWARD 2018

Projekt U+



Controllergesteuerte Paketvereinzelung

Daniel Förstmann, Daniel Radtke, Nils Wilke-Rampenthal

transnorm
your best move

Im Rahmen der Weiterbildung an der Werner-von-Siemens-Schule Hildesheim zum staatlich geprüften Techniker, Fachrichtung Elektrotechnik, wird von den Schülern eine Technikerarbeit erstellt. Der zeitliche Rahmen des Projekts beträgt circa 600 Stunden und soll innerhalb von sechs Monaten fertiggestellt sein. Die Projektarbeit wird in Kooperation mit einer frei ausgewählten Firma durchgeführt. Unser Projektteam setzte sich aus drei Personen zusammen:

Daniel Förstmann
Elektroniker für
Geräte und Systeme

Daniel Radtke
Elektroniker für
Geräte und Systeme

Nils Wilke-Rampenthal
Mechatroniker

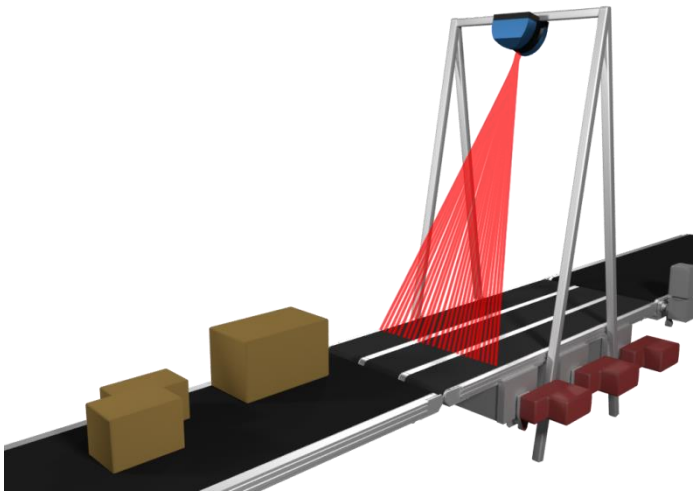
Ziel der Projektarbeit war es, eine praxisnahe Aufgabe im Team zu erarbeiten, um das Berufsleben eines Technikers kennenzulernen und auf dieses vorzubereiten. Unser Team hat sich dafür entschieden, das Projekt bei der Firma TRANSNORM mit Firmensitz in Harsum durchzuführen. Da es sich bei unserer Arbeit um ein großes, übergreifendes Projekt mit hoher Komplexität handelte, erhielten wir außerdem Unterstützung durch die Firma AKDV Automatisierungstechnik GmbH, welche ihren Firmensitz ebenfalls in Harsum hat.

Im Zeitalter des Internets werden immer häufiger Waren online bestellt. Oft sind Produkte im Internet wesentlich günstiger als im Geschäft vor Ort. Um konkurrenzfähig zu bleiben, werben Versandhäuser mit immer kürzeren Lieferzeiten. Deutschlandweit werden dadurch täglich circa 9,5 Millionen Pakete versandt.[1] Diese große Menge muss von Versandzentren in möglichst kurzer Zeit verarbeitet werden. Damit Absender- und Empfängerdaten maschinell eingelesen werden können, muss die Paketbearbeitung nacheinander erfolgen.

[1] Geschäftsbericht Deutsche Post/DHL 2016, S. 24/25

In einem Paketzentrum erfolgt die Anlieferung der Pakete normalerweise mittels Lastkraftwagen, welche die Fracht über ein Entlademodul bereitstellen. Dabei werden die Pakete der Sortieranlage in Form eines ungeordneten Haufens, dem sogenannten 3D-Bulk, übergeben. Die Pakete liegen hierbei über-, hinter-, oder nebeneinander und weisen unterschiedliche Größen und Gewichte auf. Sortieranlagen in Paketzentren benötigen allerdings einen Strom von hintereinander folgenden Paketen. Die hintereinanderliegenden Pakete müssen einen definierten Abstand aufweisen, um die Daten maschinell einlesen zu können. Aus diesem Grund muss der ungeordnete Haufen sortiert und vereinzelt werden. Die Vereinzelung wird mittels mehrerer Stationen durchgeführt.

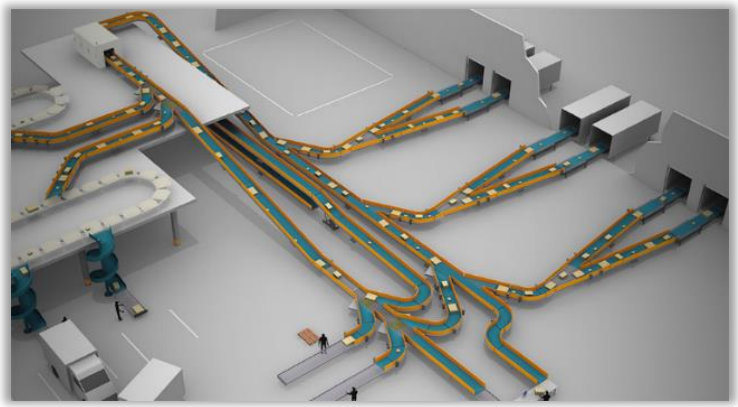
In einem der letzten Schritte dieses Vereinzelungsprozesses durchlaufen die Pakete ein dreispuriges Paketfördersystem, welches die einzelnen Spuren unabhängig voneinander beschleunigen oder abbremsen kann. Über eine Messung durch einen am Eingang des Förderbands angebrachten Laser, der sich in einer Höhe von 1,85 m befindet, werden die Pakete erkannt und eingemessen. Die Messdaten des Lasers werden als TCP/IP-Paket an einen Industrie-PC gesendet, welcher die Abmessungen der einlaufenden Pakete analysiert, auswertet und entsprechende Daten an eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) schickt. Die SPS dient dazu, die drei Motoren der einzelnen Förderbänder anzusteuern, um diese entweder abzubremsen oder zu beschleunigen. Nebeneinanderliegenden Pakete werden somit voneinander getrennt.



Allerdings wird die passende Aktion der Paketvereinzelung oft nicht ausreichend ausgeführt, da das System in diesem komplexen Aufbau zu langsam arbeitet. Der Zeitraum von der Messung bis zur passenden Aktion ist zu gering, wodurch Pakete mit großen Abmessungen nicht vollständig vereinzelt werden können. Es wird ein System benötigt, welches nahezu in Echtzeit arbeitet. Diese Funktion ist bei der aktuellen Konfiguration nicht optimal gegeben.

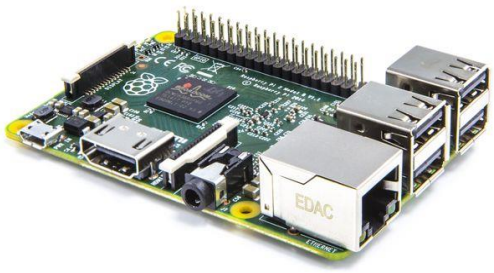
*„Der aktuelle Aufbau war durch die verwendeten Komponenten relativ teuer und aufwändig zu verdrahten. In dem Abschlussprojekt sollte der Industrie-PC und die SPS durch eine intelligente Steuerung ersetzt werden, welche beide Aufgaben übernimmt. Da sich TRANSNORM auf die Entwicklung von Systembausteinen der Materialflusstechnik konzentriert, bestand ein generelles Interesse, das Projekt mit einem Einplatinencomputer umzusetzen.“ – **Nils Wilke-Rampenthal***

Es musste ein Controllersystem ausgesucht und programmiert werden, das die Signale des Sensors empfängt und verarbeitet. Außerdem sollte eine Objekterkennung programmiert werden, welche die Höhe, Breite und Länge eines Pakets über verschiedene Algorithmen ermittelt. Auf Grundlage der ermittelten Objektgröße sollte mit dem Controllersystem eine direkte, dynamische Ansteuerung der Motoren möglich sein. Ferner war ein Schaltschrank zu entwickeln, indem sich die Elemente zur Ansteuerung befinden. Es war bei der Entwicklung auf die Anwendersicherheit und eine einfache Bedienung zu achten.



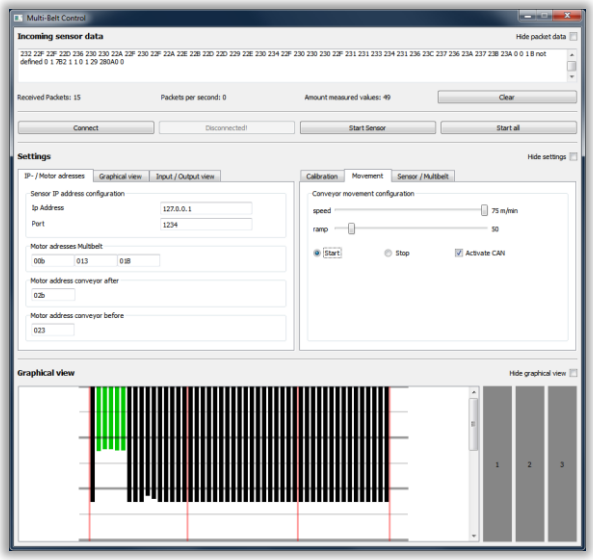
Ziel des Abschlussprojekts war es, den Grundstein für die Entwicklung einer dezentralen, bezahlbaren Steuerung auf Basis eines Einplatinencomputers zu legen. TRANSNORM war daran interessiert, ein flexibles und kompaktes System zu entwickeln, dass nach dem Baukastenprinzip funktioniert. Es sollte einfach erweiterbar sein, um später eine Steuerung für unterschiedliche Elemente zu bieten. Das Controllersystem sollte eine eigene Intelligenz besitzen, wodurch es möglich ist, die Module herstellerunabhängig untereinander zu verknüpfen und Wartungsdaten auszutauschen. Außerdem sollte die Steuerung einfach zu bedienen sein und sich im Fall einer Störung leicht ersetzen lassen.

*„Für die Realisierung des Projekts musste eine höhere Programmiersprache erlernt werden, die eine hohe Geschwindigkeit bietet und mit dem Controller kompatibel ist. Der Sourcecode zur Sensordatenverarbeitung, Objekterkennung und Motoransteuerung musste selbstständig komplett neu geschrieben werden. Für diese Aufgabe eignen sich C-basierte Programmiersprachen am besten.“ – **Daniel Förstmann***



Zunächst musste ein passender Einplatinencomputer gefunden werden. Dazu wurden Boards verschiedener Hersteller miteinander verglichen. Einige Punkte waren dabei von hoher Wichtigkeit: Das Board musste eine ausreichende Rechenleistung aufweisen, damit eine Objekterkennung durchgeführt werden kann. Es mussten entsprechende Anschlüsse (GPIO, CAN, Ethernet, HDMI) zur Anbindung der notwendigen Eingabe- und Ausgabeelemente vorhanden sein. Außerdem musste ein guter Support durch den Hersteller oder eine große Community gegeben sein, um eventuell auftretende Fragen während des Projektverlaufs schnell zu klären. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung auf den Raspberry Pi 3 Model B. Der Raspberry ist ein günstiger Einplatinencomputer, welcher ursprünglich für den Einstieg in die Programmierwelt gedacht war. Er bietet eine gute Hardwareausstattung und ist somit für die Ausführung einer Objekterkennung geeignet. Im Projekt wurde der Einplatinencomputer mit dem Betriebssystem Raspbian betrieben, welches auf Debian basiert. Mittels GPIO-Schnittstellen konnte der Raspberry außerdem direkt mit verschiedenen Sensoren oder elektronischen Bauteilen kommunizieren.

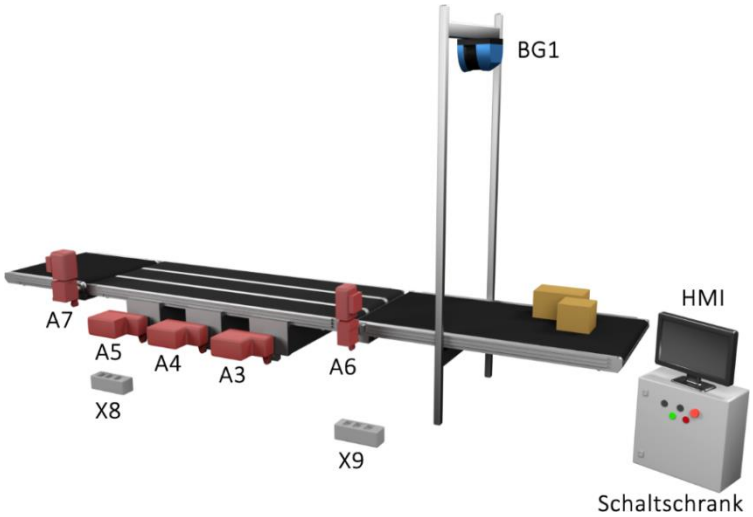
Für den Raspberry wurde eine Software geschrieben, die alle Steuerungsaufgaben übernimmt. Dabei ging es um die Aufgaben des Industrie-PC, als auch die der SPS-Steuerung, welche dafür verwendet wurden, die Objekterkennung durchzuführen und die Motoren anzusteuern. Die in C++ geschriebene Software besaß daher eine große Menge an Funktionen, welche alle von Grund auf neu geschrieben wurden.



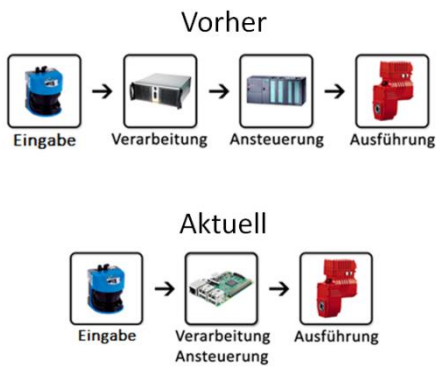
Zunächst wird eine TCP/IP-Verbindung zum Sensor hergestellt. Das Programm empfängt alle vom Sensor ausgehenden Datenpakete und filtert diese. Hierbei war zu beachten, dass es sich um eine sehr große Menge an TCP/IP-Paketen handelte, die eine hohe Anzahl an Informationen enthielten. Die Software passt sich dynamisch auf die Anzahl der Messstrahlen des Sensors an. Da die Messung des Sensors kegelförmig aus einem Punkt erfolgte, schienen Objekte, welche sich am Rand des Messbereichs befanden, weiter entfernt zu sein als die, die sich in der Mitte des Messfelds befanden. Diese Problematik galt es in der Software auszugleichen, in dem ein Kalibrierungsvorgang programmiert wurde. Das geschriebene Programm stellt die Messwerte grafisch dar. Es wurde ein Balkendiagramm programmiert, welches die Höhenmesswerte darstellt.

Für eine einfache Bedienung besitzt die Software eine grafische Oberfläche, mit der Einstellungen vorgenommen werden können. Außerdem sind die Grundfunktionen zur Objekterkennung implementiert: Erkennt die Software anhand der Messwerte, dass sich auf dem Paketfördersystem zwei Pakete nebeneinander befinden, wird die passender Aktion, sprich das Beschleunigen oder Abbremsen eines der drei Förderbänder, durchgeführt. Um die Motoren anzusteuern, sendet das Programm die entsprechenden Botschaften über CAN-Bus.

Zur Funktionsüberprüfung der Objekterkennungssoftware Multi-Belt Control wurde bei der Firma AKDV eine Testanlage mit allen Hardwarekomponenten aufgebaut. Bei dieser Testanlage handelte es sich um eine vierspurige Multi-Belt-Förderanlage, da ein dreispuriges Modell nicht verfügbar war. Um trotzdem die Funktion eines dreispurigen Systems zu erhalten, wurde eine Spur stillgelegt. Im Testaufbau wurde der 2D-Laserscanner mit einem Abstand von 1,2 m vor den Einlauf des Multi-Belts aufgebaut. Er befand sich oberhalb des Transportbands und maß die einlaufenden Pakete senkrecht ein. Die Transportbänder wurden dabei von drei Motoren angetrieben. Vor und hinter dem Multi-Belt befand sich jeweils ein einspuriger Paketförderer, um die Situation der Vereinzelung unter realen Bedingungen zu testen. Die Steuerung der kompletten Förderanlage erfolgte dabei durch den Raspberry, welcher sich im Schaltschrank befand. Er kombinierte dabei die Funktionen von Industrie-PC und SPS und ersetzte diese vollständig.



Während des Projektverlaufs traten immer wieder Situationen und Sachverhalte auf, die unbekannt oder nicht vorhersehbar waren. Oft war die Lösung dieser Aufgaben mit Herausforderungen verbunden, welche im Laufe der Projektarbeit erfolgreich bewältigt wurden.



Letztendlich wurde die Projektarbeit „Controllergesteuerte Paketvereinzelung“ mit Erfolg abgeschlossen. Alle im Lastenheft definierten Punkte konnten zur vollsten Zufriedenheit des Auftraggebers erfüllt werden. Ziel der Projektaufgabe war es, zu zeigen, dass sich ein Einplatinencomputer zur Steuerung eines komplexen Paketvereinzelungssystems eignet und Industrie-PC und SPS vollständig ersetzen kann. Durch das Ersetzen der teuren Komponenten konnte eine erhebliche Kosteneinsparung erreicht werden. Ebenso wurde der physikalische Aufbau wesentlich verkleinert. Durch das Versetzen des Sensors ergibt sich ein größerer Aktionszeitraum, wodurch eine absolute Objekterkennung und eine höhere Maximalgeschwindigkeit der Förderanlage ermöglicht werden. Die Ansteuerung der Motoren erfolgt direkt über das Protokoll des CAN-Busses, ein Gateway ist somit nicht mehr erforderlich.

Mit der Entwicklung der Software Multi-Belt Control in Kombination mit einem Embedded System wurde der Grundstein einer Industrie 4.0-fähigen Komponente geschaffen. Das Programm bietet eine Reihe wesentlicher Verbesserungen gegenüber der bisher genutzten Software. Alle Parameter, die zur Einstellung der Paketförderanlage notwendig sind, können angepasst werden. Dazu zählen beispielsweise die Einstellung der Fördergeschwindigkeit und der Abstand zwischen den Paketen nach der Vereinzelung. Eine automatische Kalibrierfunktion ermöglicht eine schnelle Inbetriebnahme nach Plug&Play-Prinzip. Zur Visualisierung der Höhenmessung des Sensors wurde eine grafische Anzeige implementiert.

*„Durch das zielgerechte Lösen der Herausforderungen konnte ein umfangreiches Fachwissen in den Bereichen Materialflusstechnik, Embedded Systems, höhere Programmierung sowie Projektmanagement erlangt werden. Das Projektteam konnte neue Erfahrungen durch das parallele Abarbeiten von komplexen Tätigkeiten sammeln.“ – **Daniel Radtke***

Projekte der Automatisierungstechnik erfordern ein Umdenken, um die Konkurrenzfähigkeit zukünftig zu sichern. Das Umsetzen von Aufträgen in dieser Branche wird durch die steigenden Anforderungen zwangsläufig auf die Nutzung von leistungsstarken Embedded Systems hinauslaufen.