

Entwicklung und Fertigung eines Robotersystems

Für Gewichte von 1 mg bis 10 g zur Bestückung hochpräziser Massekomparatoren

Um den Anforderungen an ein modernes Metrologieinstitut gerecht zu werden und im Bestreben ein vollautomatisches Masselabor aufzubauen, entwickelte das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) in Kooperation mit der Technischen Universität Wien und der Firma Sartorius ein weiteres Wechselsystem für Gewichtsstücke von 1 mg bis zu 10 g mit einem neuen 10 g-Massekomparator. Es bietet Platz für 80 Prüfgewichte und Normalgewichtsstücke und kann jedes Gewichtstück direkt aufnehmen (d.h. ohne Transportpaletten). Das System basiert auf Linearantrieben mit einer PC-Steuerung und ist auf Grund seiner Beschaffenheit universell einsetzbar. Verwendet wird es im Gebiet der Darstellung der Masse des BEV, sowie für die Kalibrierung und Eichung von Gewichtsstücken. Dabei werden Gewichte von 1 mg bis 10 g von einem Magazin geholt, und nachfolgend auf den Massekomparator gelegt. Jeder Messdurchgang sieht die Referenzmessung des Prüfgewichtes zu Normalgewichtsstücken vor.



Realisiertes Handlingsystem für Kleinstmassen im BEV.

Ausgangssituation
Zur Darstellung der Masse und für Kalibrierungen und Eichungen von Kleinstgewichtsstücken bis 10 g verfügte das BEV 2005 nur über einen älteren 4 g (Auflösung 0,1 µg) und einen herkömmlichen 100 g Massekomparator (Auflösung 1 µg). Sämtliche Gewichtsstücke wurden

händisch aufgebracht. Um den Erfordernissen eines nationalen Metrologieinstituts gerecht zu werden, war der Ankauf eines moderneren Massekomparators für Kleinstmassen notwendig. Im Hinblick auf die Anforderungen zur Darstellung der Masse und die erwartete Anzahl von Gewichtstückkalibrierungen schien ein herkömmlicher Massekomparator nicht ausreichend. Auf Basis der hervorragenden Ergebnisse aus der Entwicklung eines automatischen Wechselsystems (Handlingsystems) für Gewichtsstücke bis zu einer Masse von 20 kg vor 2 Jahren, wurde ein weiteres Wechselsystem konzipiert.

Vorgaben und Zielsetzung

Ziel war daher die Konstruktion und der Bau eines automatischen Handlingsystems für Gewichtsstücke mit einer Masse zwischen 1 mg und 10 g. Es sollen sowohl Gewichte in Drahtform als auch in Plättchenform ohne jegliche Transportpalette verwendet werden können. Der Wechsler soll die Aufbringung von mehreren Gewichtsstücken auf einmal (Gewichtstückgruppen bei der Stückelung) gewährleisten, nämlich im Zuge der Darstellung der Masse bis 10 g aber auch für die

Kalibrierung von Sondergewichten. Dabei gilt es mindestens vier komplette Gewichtsätze bis 10 g im Wechselmagazin zu platzieren. Die Steuerung erfolgt über eine externe Steuereinheit und soll einen beliebig programmierbaren Wechsel aller im Magazin befindlicher Gewichtsstücke zulassen. Das Steuerprogramm muss mindestens ein Standardprogramm für die vollautomatische Kalibrierung (Vergleich von Gewichtsstücken) nach der gültigen Arbeitsanweisung beinhalten. Nach Einbringung der Gewichtsstücke in das Magazin, werden die Gewichte softwaremäßig den Plätzen zugeordnet. Die Aufbringung der Gewichte auf den Massekomparator, der Massevergleich und die Rückführung in das Magazin haben automatisch zu erfolgen. Die Gewichtsstücke werden dabei direkt (ohne Paletten) aufgenommen werden.

Das Handlingsystem muss über mehrere geeignete Kontroll- und Überwachungseinrichtungen verfügen, sodass eine Doppelbelegung von Magazinplätzen, der Waage sowie andere Beschädigungen und Fehler vermieden werden. Ferner ist das Handlingsystem so auszuführen, dass eine Beeinträchtigung der Messung ausgeschlossen ist. Das Handlingsystem muss dabei so konzipiert sein, dass es für verschiedene Massekomparatoren geeignet ist.

Für die Umsetzung konnten als kompetente Partner einmal mehr die Technische Universität Wien, Institut für Fertigungstechnik (IFT) und die Firma Sartorius gewonnen werden.

Konzept

Das Handlingsystem besteht aus einer positionierbaren Achse zum Verfahren der Transporteinheit in Längsrichtung. Die beiden Gewichtsaufnahmeeinheiten auf der Transporteinheit können mittels Pneumatik ein- oder ausgefahren werden.

Die Transporteinheit ist so ausgeführt, dass die beiden Gewichtsaufnahmen gesondert ausgefahren und gemeinsam gehoben werden können. Die Vertikalbewegung der Gewichtsaufnahmen erfolgt pneumatisch. Die komplette Steuerung des Systems basiert auf einer PC-Lösung und erfolgt über digitale E/A's. Die Linearachse verfügt über einen Servoantrieb. Die Abmessung des gesamten Handlingsystems sollte 2000 mm × 800 mm × 800 mm nicht überschreiten und daher auf einem herkömmlichen Wägetisch Platz finden.

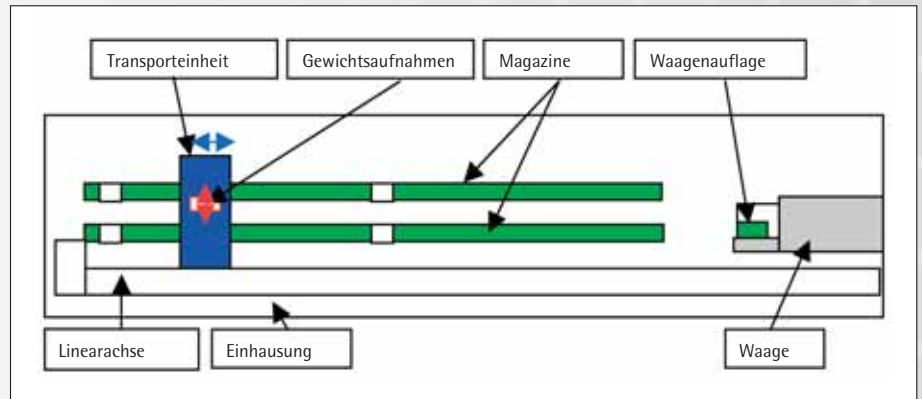
Funktionsweise

Die Gewichte – 1 mg bis 10 g – oder die Gewichtgruppen werden händisch in die richtige Magazinposition eingebracht und die Gewichtsdaten in den Steuerungs-PC eingegeben. In gleicher Weise wird auch mit den Gewichtsnormalen verfahren.

Die Vergleichsmessung erfolgt nun, indem die Transporteinheit ein Gewicht und ein Normal vom Magazin holt und abwechselnd auf die Waage setzt. Diese Vergleichsmessung kann nun möglichst oft und in beliebiger Reihenfolge wiederholt werden. Nach Beendigung eines Messdurchgangs stellt die Transporteinheit das geprüfte Gewicht sowie das Normalgewicht wieder auf die entsprechenden Magazinplätze zurück.

Aufbau des Systems

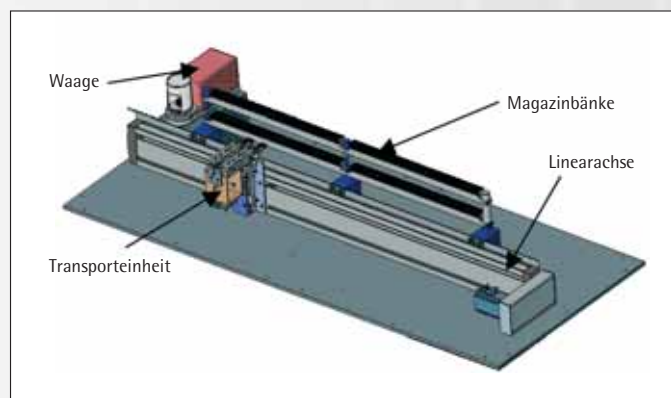
Das System wurde aufgrund der guten Erfahrungen und der einfacheren und universelleren Handhabbarkeit, aber auch aus Gründen der Produktionskosten linear aufgebaut. Dadurch ist es möglich mit einer gesteuerten Achse auszukommen. Alle anderen Bewegungen sind pneumatisch gelöst. Als Magazinkapazität wurden 80 Plätze in zwei Etagen vorgesehen, welche beliebig mit Normalgewichten und Prüfgewichten bestückt werden können.



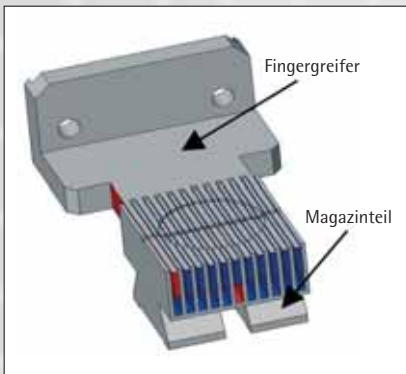
Grundkonzept.

Herzstück des Systems ist die Transporteinheit, welche auf einfache Art und mit pneumatischen Antrieben vier vertikale und zwei mal zwei horizontale Positionen anfahren kann. Da die Gewichtstücke immer ohne Gewichtstransportpaletten aufgenommen werden sollen, wurde ein Kammgreifersystem eingesetzt. Um jedoch auch 1 mg Gewichte zu benutzen, sind die erforderlichen Toleranzen zwischen Magazin und Fingergreifer sehr eng. Daraus ergibt sich, dass die Greifer an jeder Stelle besser als 0,05 mm genau positionieren müssen. Dies wird mit einer servo-angetriebenen Präzisionsspindel über den gesamten Verfahrensweg von 1800 mm gewährleistet!

Der Pneumatikantrieb bietet „absolute“ Positioniermöglichkeit durch den mechanischen Anschlag in beiden Endlagen und keine störenden elektromagnetischen Felder. Die Umsetzung der Hubbewegungen mit elektrischen Antrieben wäre dagegen nur mit höheren Kosten und höherem Aufwand möglich. Die Steuerung des Systems übernimmt ein PC, welcher über Profibus – DP mit dem DC – Servo Regler kommuniziert. Dies ist eine sehr sichere industriereproble Lösung.



Konstruktionsübersicht.



Gewichtaufnahme,
Konstruktion und Realität
(Aufnahme 1 mg und 2 mg
Drahtgewicht).

Das gesamte System steht auf einer Granitplatte, wobei sich der Massekomparator zusätzlich auf einem weiteren Granitblock befindet. Um störende Umgebungseinflüsse zu vermeiden, besitzt der Massekomparator einen Windschutz, welcher sich während der Messung verschließt. Zusätzlich ist das gesamte System in einer von der Messeinheit entkoppelten Einhausung untergebracht. Um thermisch bedingte Strömungen gering zu halten, wurde sowohl die Steuerung als auch die Leistungselektronik außerhalb der Einhausung untergebracht. Zur Vermeidung von störenden Magnetfeldern ist das gesamte System vorwiegend aus nicht magnetischen und/oder antistatischen Materialien gefertigt.

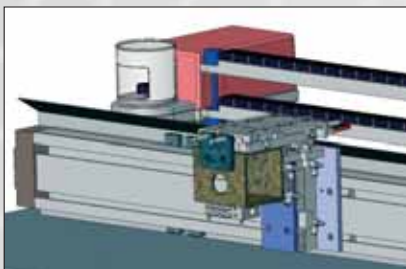
Bei der verwendeten Messeinheit handelt es sich um den Sartorius Massekomparator

CCE6 mit einer Auflösung von $0,1 \mu\text{g}$ bei einer Höchstlast von 10 g. Dieser wurde von Sartorius speziell für den Einsatz in Handlingsystemen angepasst. Ferner wurde die Waagschale für Gewichtsstücke komplett umgestaltet.

Prüfablauf

Die Gewichtsstücke werden in die Magazinplätze abgelegt. Danach werden die Identifizierungsnummer, der Nominalwert des Gewichtsstückes und die Art des Gewichtsstückes (Prüf- oder Normalgewicht) in die Software des Steuerrechners eingegeben und der entsprechende Magazinplatz zugeordnet.

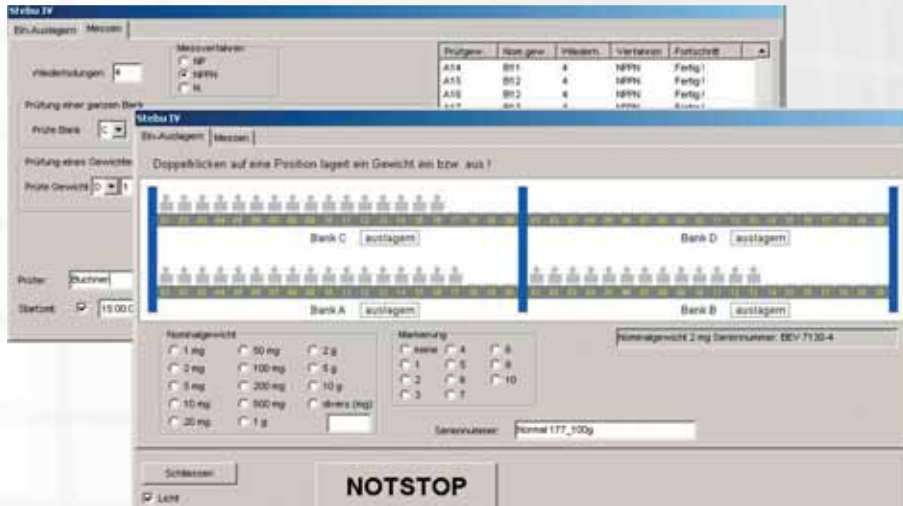
Die Vorbereitung zur Messung erfolgt durch Eingabe der vorgewählten Prüfroutine (z.B. ABBA), der Auswahl der Gewichte oder der gesamten Magazinbank und die Anzahl der Wiederholmessungen. Nach Bestätigung werden die einzelnen Gewichtsstücke vom Handlingsystem automatisch aus dem Magazin geholt und die Messung abgearbeitet. Die Vorbereitung erfolgt für alle Gewichtsstücke vor dem Starten des automatischen Prüfablaufes. Die Koordinierung der Gewichte unterschiedlicher Nominalwerte und der komparatorinternen Substitutionsgewichte sowie die Messungen erfolgen automatisch. Nach Beendigung des Prüfablaufes werden die Gewichte von den Magazinplätzen entnommen und aus der Datenbank gelöscht. Referenzgewichte können im Magazin verbleiben.



Transporteinheit mit Pneumatiktrieb.



Gewichtsaufnahme der CCE 10.



Eingabeform der Prüfsoftware.

Durch laufende Protokollierung aller Programmschritte und Bewegungen ist es jederzeit möglich die Position eines Gewichtes abzufragen selbst bei einem Gesamtabsturz des Systems. Die Aufzeichnungen der Umgebungsparameter zur Luftdichtebestimmung werden automatisch für jeden Wägewert dokumentiert. Als Ergebnis wird die Dokumentation der Messungen und der Kalibrier-schein des gemessenen Gewichtes ausgegeben.

Messungen Ergebnis

Zur Validierung des Systems wurden seit Sommer 2006 Messreihen mit bereits kalibrierten BEV-Gewichten durchgeführt, sowie BEV interne Vergleichsmessungen mit anderen Verfahren zur Massebestimmung getätigt. Nach einem speziellen Abgleich des Massekomparators und der erstellten Prüfsoftware werden nach Aufsetzen der Gewichte pro Sekunde zwei Messwerte vom Massekomparator in die Auswertedatei beschreiben.

Die erhaltenen Messwerte wurden zu „Messblöcken“ gemittelt und für die weitere Berechnung herangezogen. Durchgeführt und ausgewertet wurden in dieser Phase mehrere Messungen von E1- und E2-Sätzen zu Messzyklen von je 10 ABBA bzw. NPPN (Normal – Prüfling – Prüfling – Normal, Reihenfolge in der die Gewichte abwechselnd gewogen werden). Dabei erfolgten Vergleiche von Gewichten mit einem Nominalwert von 1 mg bis 10 g. Die erlangten Standardabweichungen der Mittelwerte lagen bei den verwendeten Gewichten unter 2×10^{-7} g, die Wiederholbarkeit der Mittelwerte der Messergebnisse der Messzyklen lag bei den kleineren Gewichten unter 1×10^{-7} g, bei den größeren Gewichten unter 2×10^{-7} g.

Die Anlage wird seit Herbst 2006 als Glied zur Darstellung der Masse im BEV für den Bereich bis 10 g sowie zur internen und externen Kalibrierung und zur Eichungen von Gewichtstücken eingesetzt.

Ausblick

Auf Grund der modularen Bauweise ist eine Anpassung der Anlage an spezielle örtliche Gegebenheiten sowie an messtechnische Notwendigkeiten möglich. Das System würde auch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Komparatoren zur Abdeckung eines größeren Gewichtsbereiches erlauben.

Derzeit wird im BEV ein weiterer Roboter aufgebaut. Hierbei wird eine 1 kg-Wägezelle von Sartorius mit einer Auflösung von 1×10^{-6} g verwendet. Diese Anlage wird im 1. Quartal 2007 fertig aufgestellt.

Damit hat das BEV sein Vorhaben das gesamte Masselabor zu automatisieren defakto umgesetzt. Sämtliche Messungen für Kalibrierungen und Eichungen und ein Grossteil der Messungen für die Darstellung der Masse im BEV werden zukünftig über drei „Wägeroboter“ ausgeführt.

Kennziffer: 271

Autoren:
Christian Buchner, Dietmar Steindl (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV); Wien)
Christoph Einspieler, Johann Bernreiter (Institut für Fertigungstechnik, Technische Universität, Wien)



Zwei Gewichtssätze im Direktvergleich.