



press-press-press-press-press

**Sonderdruck – Reprint**

aus: wdm wägen dosieren mischen, Ausgabe 1, März 2007

## **Digitale Wägezellen: Innovation oder Marketing-Gag?**

## Einleitung

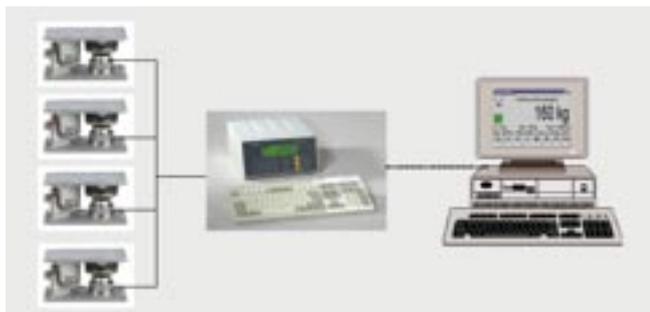
In den vergangenen Jahren hat eine Reihe bekannter Hersteller Wägezellen mit seriellem Datenausgang – sogenannte „Digitale Wägezellen“ – entwickelt und auf den Markt gebracht. Entgegen der anfänglichen Euphorie hat keine dieser Entwicklungen den Markt revolutioniert, die überwiegende Mehrzahl der heute verkauften Wägezellen hat nach wie vor eine analoge Schnittstelle.

Dieser Artikel versucht eine Antwort auf die Frage, warum das so ist, und ob die Digitale Wägezelle aus Sicht des Anwenders wirklich eine Innovation darstellt. Im Fokus stehen dabei industrielle Waagen mit meist mehreren Wägezellen. Industrielle Systeme mit nur einer Zelle stellen eine Sonderform dar, sie werden nur kurz behandelt. Nicht betrachtet werden Labor- und Präzisionswaagen. Hier liegen völlig andere Anforderungen vor, und digitale Systeme sind mit gutem Grund seit langem Stand der Technik.

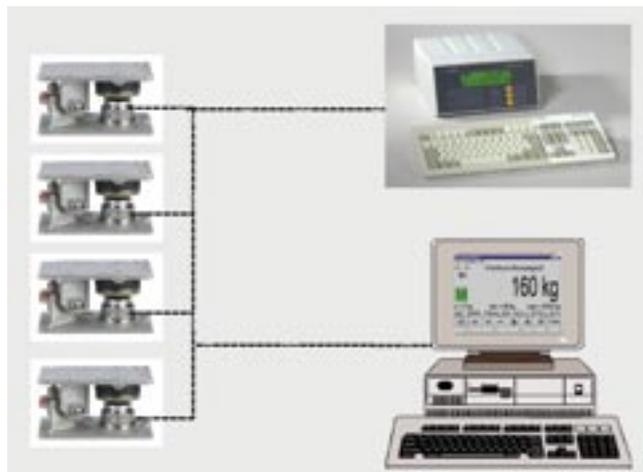
## Problemstellung

In einem industriellen Wägesystem – etwa einer Straßenfahrzeugwaage – werden in der Regel Wägezellen (WZ) eingesetzt, in denen Dehnungsmessstreifen (DMS) die Kraft in ein analoges elektrisches Signal umwandeln. Die Ausgangssignale der WZ, die im Bereich einiger mV liegen, werden elektrisch parallel geschaltet. Das analoge Summensignal wird meist in einen Schaltraum oder ein Büro geführt. Dort wird es in einem Wägeindikator digitalisiert und weiter verarbeitet. Die Entfernung zwischen Waage und Indikator beträgt leicht einige hundert Meter, in Ausnahmefällen bis zu 1000m, unter Umständen in einem Umfeld starker elektromagnetischer Störsignale.

Viele Wägesysteme enthalten heute einen PC für die bessere Benutzerführung oder für erweiterte Steuerungsaufgaben bzw. für die Datenverwaltung. Diese Zusatzsysteme sind dann seriell oder per Feldbus an den Wägeindikator angekoppelt.



**Bild 1: Blockbild eines Wägesystems mit analogen Wägezellen**



**Bild 2: Blockbild eines Wägesystems mit digitalen Wägezellen**

## Die Idee der digitalen Wägezelle

Die Abbildung 2 zeigt ein System mit digitalen Wägezellen. Diese haben einen direkten seriellen Datenausgang. Mehrere Zellen können über eine Busleitung an einen Wägeindikator oder auch direkt an einen PC / eine SPS angeschlossen werden.

Bei der Betrachtung solcher Systeme muss man wissen, dass die Mehrzahl der auf dem Markt angebotenen „Digitalen Wägezellen“ kein wirklich digitales Messprinzip verwenden. Es handelt sich vielmehr um die bekannten analogen DMS-Wägezellen, die einen Analog-Digital-Wandler und eine serielle Schnittstelle in der Zelle enthalten. Das selbe gilt für Wägezellen, die nach dem Prinzip der schwingenden Saite arbeiten: auch hier wird lediglich intern die Schwingungsfrequenz digitalisiert.

## Vorteile

Digitale Wägezellen stellen sicher eine interessante technische Aufgabe für einen Hersteller dar. Vor die Frage gestellt, ob man einen solchen Sensortyp entwickeln will, muss jedoch viel mehr die Frage nach dem Nutzen eines solchen Systems für den Anwender gestellt werden. Hier kommt man schnell auf die folgenden Punkte:

- ❖ Verkaufspreis: Natürlich ist jeder Kunde gerne bereit, eine neue Lösung zu akzeptieren, wenn diese billiger als die bekannte ist. Trotz anfänglicher Euphorie ist es aber bis jetzt keinem Hersteller gelungen, digitale Zellen preiswerter zu produzieren als deren analoge Ausführungen. Zwar können beim Kalibrieren der Zelle Kosten gespart werden, da nur noch Parameter in einen Speicher geschrieben werden, an Stelle von einzulötenden Widerständen – dies wird aber durch die Zusatzkosten der Elektronik mehr als kompensiert.

Auch die möglichen Vereinfachungen am Messkörper sind bei weitem nicht so effektiv wie erwartet. Zwar können z. B. Linearitätsfehler des Messkörpers in der Elektronik kompensiert werden, aber der Messkörper muss auf jeden Fall reproduzierbare Eigenschaften haben, und hier liegen die Kosten. Im günstigsten Fall heben sich die Mehrkosten für die Wägezellen mit dem ggf. entfallenen Wägeindikator auf.

- ❖ **Inbetriebnahme:** Vorteile ergeben sich sehr wohl in der Inbetriebnahme und beim Service. Der Eckenabgleich einer Waage mit digitalen Wägezellen verlangt nicht mehr nach Ein- oder Auslöten von Kalibrierwiderständen, es werden lediglich Abgleichparameter ermittelt und im System gespeichert – dies kann weitgehend automatisch erfolgen.
- ❖ **Wartung:** Auch im Rahmen von Fehlersuchen hat ein System natürlich große Vorteile, bei dem die Signale jeder Wägezelle einzeln zugänglich sind.
- ❖ **Sicherheit:** In einer Reihe von Anlagen ist die Waage Bestandteil des Sicherheitskonzepts – zum Beispiel zur Überlastabschaltung in Kränen mit Kranwaage. Ein schwieriger Punkt in solchen Systemen ist immer die Überwachung des Systems auf einen Ausfall der Sensoren – bei parallelen, analogen Sensoren ein kritisches Thema. Hier haben die digitalen Sensoren klare Vorteile – die Analyse der Einzelsignale erlaubt die sofortige Detektion eines defekten Sensors und in vielen Fällen sogar eine Vorwarnung, bevor der Sensor ausfällt. Auch unzulässige Schiefasten auf der Waage lassen sich auf diese Weise schnell erkennen.
- ❖ **Störfestigkeit:** Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass das analoge Messsignal von analogen Wägezellen unter Umständen einige hundert Meter durch eine elektromagnetisch verseuchte Umgebung geführt wird. Speziell die Störsignale von starken Frequenzumrichtern haben sich hier als problematisch erwiesen und verlangen oft nach aufwändigen Entstörmaßnahmen. Hier bietet sich die digitale Datenübertragung natürlich als interessante Alternative an – zum einen wegen des größeren Störabstands, zum anderen wegen der möglichen Sicherungsmechanismen, d.h. eine gestörte Übertragung wird als solche erkannt und kann wiederholt werden, es kommt zu keiner falschen Gewichtsanzeige.
- ❖ **Platz:** An Waagen, die von einem PC aus bedient werden, ist der zusätzliche Wägeindikator oft nur im Weg – benutzt wird er nicht. Das Ausgangssignal der Digitalen WZ kann direkt an den PC angekoppelt werden, der Indikator kann entfallen (Allerdings zeigt sich, dass am Ende doch viele Kunden der PC Technik soweit misstrauen, dass Sie einen konventionellen Wägeindikator als Notbetriebsstation wünschen).

- ❖ „Digital ist modern“. Ein nicht-technisches Argument, dass aber trotzdem in einigen Märkten (nicht in Deutschland) zur Kaufentscheidung beiträgt.

### **Nachteile**

Natürlich hat die Medaille auch eine Kehrseite, d.h. die gelisteten Vorteile gehen auch mit einer Reihe von Nachteilen Hand in Hand:

- ❖ **Lebensdauer:** Analoge WZ sind außerordentlich robuste Komponenten. Wenn sie nicht grob überlastet werden, oder in chemisch aggressiver Umgebung montiert werden, beträgt ihre Lebensdauer in der Regel viele Jahre. Diese Situation wird sich durch den Einbau von aktiver Elektronik mit einiger Sicherheit verschlechtern. Auch der Einsatz mehrerer Elektronikbaugruppen (eine je Wägezelle) im Vergleich zu einem Indikator wird sicher die Ausfallwahrscheinlichkeit negativ beeinflussen.
- ❖ **Nacheichung:** Es gibt heute Konzepte am Markt, wie ein defekter Wägeindikator getauscht werden kann, ohne dass neu kalibriert oder neu geeicht werden muss (siehe z.B. die Schenck Process DISOMAT® Familie). Bis heute gibt es noch kein Konzept für den Austausch einer geeichten Wägezelle (analog oder digital), ohne dabei die Eichung zu verletzen.
- ❖ **Herstellerbindung:** Analoge WZ haben eine universelle Schnittstelle (mV). Alle heute bekannten digitalen Zellen haben dagegen ein herstellerspezifisches – oft nicht offen gelegtes Protokoll. Ein späterer Tausch des Auswertesystems durch das eines anderen Herstellers ist hier nicht möglich – ein Nachteil zumindest für den Kunden.
- ❖ **Schnittstelle:** Alle heute bekannten digitalen WZ haben eine serielle RS 485 Schnittstelle mit Übertragungsraten typ. bis 38.400 Baud. Angesichts des Siegeszuges industrieller Feldbusse kann diese Einschränkung nicht wirklich als Innovation empfunden werden. Z.B. setzt sich derzeit mehr und mehr Ethernet als Bussystem auch im industriellen Umfeld durch – mit Übertragungsraten von 100 typ. Mbaud. Auch digitale Wägezellen mit Busschnittstelle, z. B. Profibus, wären kein Patentrezept: Busschnittstellen werden oft vom Kunden vorgegeben, es gibt regionale Favoriten und die gängigen Systeme ändern sich im Laufe der Zeit.
- ❖ **Zykluszeiten:** Die Übertragungsraten wie auch die Architektur des Systems haben auch negative Konsequenzen für die möglichen Aktualisierungsraten des Gewichts. Um einen Gewichtswert von einer Waage mit 4 digitalen WZ zu erhalten, sind 5 Abfragezyklen notwendig: Ein Kommando zum synchronen Erfassen



**Bild 3: Blockbild Wägesystem mit vor-Ort A/D-Wandler**

der Messwerte, und vier Lesebefehle an die einzelnen WZ. Selbst bei einer wirklich effektiven Programmierung der Schnittstelle sind 10 komplette Sequenzen/Sekunde kaum erreichbar – sicher kein Problem für eine statische Straßenfahrzeugwaage, aber kaum praktikabel für ein Dosiersystem.

- ❖ Ein- und Ausgänge: In Systemen ohne Steuerungsfunktionen ist die Kombination von digitalen WZ mit einem PC sicher praktikabel. Sobald die Behandlung von Ein- und Ausgangssignalen dazu kommt – z.B. zum Steuern einer Ampel – ist der Einsatz eines Wägeindikators auf jeden Fall zwingend.
- ❖ ATEX: Bis heute gibt es keine Lösung für digitale Wägezellen im explosionsgefährdeten Bereich (Kategorie 2).

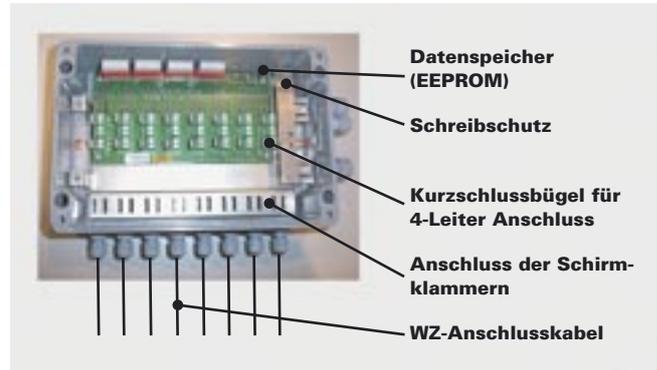
### Folgerung

Aus den aufgeführten Vor- und Nachteilen kann man ableiten, dass es sehr wohl sinnvolle Anwendungsfälle für digitale WZ gibt:

- ❖ In nicht-eichfähigen Systemen
- ❖ die in Innenräumen betrieben werden
- ❖ die eine WZ enthalten, und
- ❖ bei Lieferung eines Komplettsystems werden die gelisteten Nachteile vermieden. Typisches Beispiel sind bestimmte Differenzialdosierwaagen oder Checkweigher.

Für die Mehrzahl der übrigen Systeme, die eichfähig sind, oder die mehrere WZ enthalten, oder die als offenes System konzipiert sind stellt sich die Frage nach einer alternativen Lösung, die die Vorteile der digitalen WZ aufweist, aber ihre Nachteile vermeidet. Eine solche Lösung zeigt die nächste Abbildung:

Ein mehrkanaliger A/D-Wandler in einem Gehäuse mit entsprechend hoher Schutzart wird lokal an die Waage montiert. Digitalisierte Messwerte werden dann seriell



**Bild 4: Anschlussplatine einer DISOBOX®**

oder per Feldbus über größere Distanzen störsicher übertragen.

Diese Lösung weist alle Vorteile der digitalen WZ auf

- ❖ Kosten lassen sich sparen beim elektronischen Eckenabgleich oder bei der Fehlersuche.
- ❖ Zugriff auf die Einzelsignale ermöglicht eine frühzeitige Fehlererkennung.
- ❖ Die digitale Signalübertragung ist störsicher.
- ❖ Der konventionelle Wägeindikator kann entfallen.

Darüber hinaus

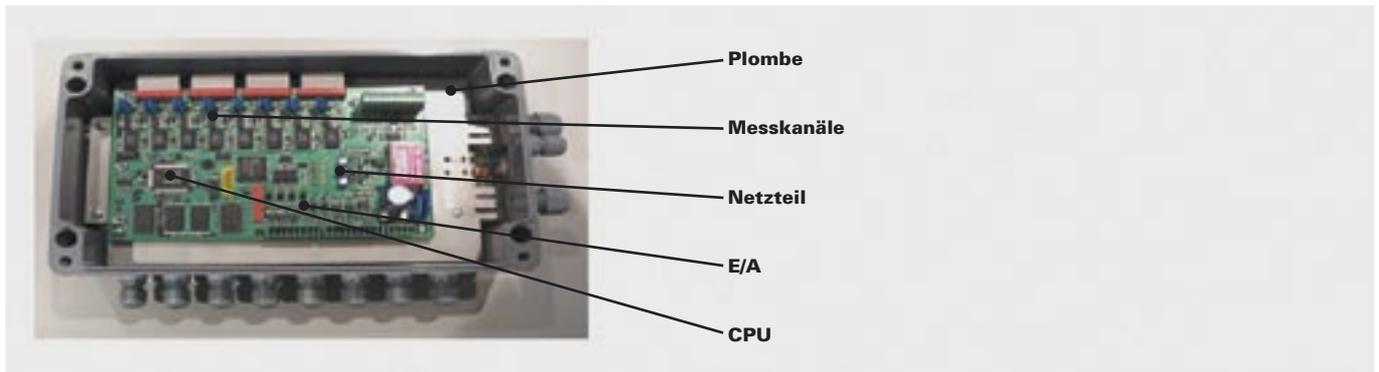
- ❖ wird nur eine Elektronik ins Feld gebracht.
- ❖ existieren Konzepte zum Tausch ohne Neujustage oder Nacheichung.
- ❖ können alle bekannten analogen WZ-Typen eingesetzt werden, bis hin zu Sonderkraftaufnehmern.
- ❖ lassen sich die Schnittstellen über Optionskarten flexibel gestalten.
- ❖ können leicht Aktualisierungsraten von > 10/Sek. erreicht werden, da alle Messwerte in nur einem Abfragezyklus übertragen werden.
- ❖ sind schnelle Ein-Ausgänge vor Ort möglich.
- ❖ sind auch ATEX Varianten möglich.

Mit anderen Worten, alle Nachteile der digitalen WZ werden vermieden.

### Technik

Die erste Umsetzung des beschriebenen Konzepts war die DISOBOX® von Schenck Process. Mittlerweile gibt es auch vergleichbare Lösungen von anderen Anbietern. Die Technik der DISOBOX® wird anhand der folgenden beiden Bilder kurz beschrieben.

Auf der passiven Anschlussplatine können bis zu 8 analoge WZ in 4- oder 6-Leiterschaltung angeschlossen werden. Diese Platine trägt einen Datenspeicher (EEPROM) für die Konfigurations- und Justagedaten der



**Bild 5: Hauptplatine einer DISOBOX®**

Waage(n), sowie eine Steckbrücke für den Schreibschutz dieser Parameter.

Ein über dieser Platine montiertes Zwischenblech verschließt den Anschlussraum und den Zugang zur Steckbrücke. In eichpflichtigen Systemen wird dieses Blech durch eine Marke gesichert.

Darüber sitzt die aktive Messelektronik. Für jede WZ ist ein eigener A/D-Wandler aufgebaut (kein Multiplexer). Nur so ist eine schnelle, zeitsynchrone Messung aller Kanäle möglich. Alle Karten werden werksseitig auf identische Empfindlichkeit abgeglichen, so dass ein Austausch jederzeit ohne Neujustage möglich ist.

Die Messkanäle können zu max. 3 Waagen gruppiert werden, lokale Ein- und Ausgänge ermöglichen die direkte Steuerung zeitkritischer Prozesse – alternativ lassen sich aber auch alle Messwerte einfach an ein übergeordnetes System zur Weiterverarbeitung übertragen (Wägeindikator, PC, SPS).

Zur flexiblen Kommunikation wird das System einfach um die passende Buskarte erweitert (MODBUS, Profibus, DeviceNet, Ethernet, Modbus-TCP, ...).

Die DISOBOX® wird lokal an der Waage montiert (in der Reichweite der WZ-Anschlusskabel). Bei Schenck Process existieren langjährige Erfahrungen mit Messelektronik, die in industrieller Umgebung oder im Freien montiert wird, so dass diese Anordnung keinen Nachteil für die sichere Funktion der Geräte darstellt.

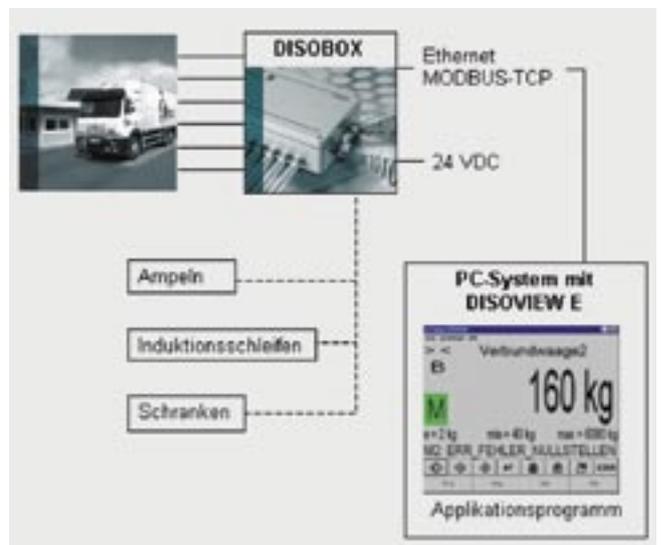
**Anwendungen**

Im folgenden sollen die Anwendungsmöglichkeiten einer lokalen, Mehrkanal A/D-Einheit (DISOBOX®) an einigen Beispielen erläutert werden:

**Beispiel 1: Straßenfahrzeugwaage**

Eine prototypische Anwendung stellt die in der Abbildung gezeigte Straßenfahrzeugwaage dar.

- ❖ Die DISOBOX® wird direkt an der Waage montiert, am einfachsten an Stelle des Kabelschaltkastens.
- ❖ Die Datenübertragung erfolgt seriell – im Fall einer Modernisierung kann hier das vorhandene Messkabel weiter verwendet werden.
- ❖ Eleganter erfolgt die Datenübertragung über das kundenseitiges Netzwerk (Ethernet) – dann gibt es bedingt durch die Netzwerkstruktur keine Entfernungsbegrenzung.
- ❖ Die Waagenbedienung erfolgt auf einem PC mit geeigneter Software, z.B. Schenck Process DISOVIEW E (mit eichfähiger Gewichtsdarstellung).
- ❖ Ampeln, Schranken oder Induktionsschleifen können über die parallelen I/O angeschlossen werden.
- ❖ Die Einzelerfassung aller WZ (6 oder 8 WZ) erlaubt zusammen mit den Diagnosefunktionen der DISOBOX® die Analyse der Lastverteilung auf der Waage und vor allem die frühzeitige Erkennung von WZ-Ausfällen



**Bild 6: Straßenfahrzeugwaage mit DISOBOX®**



**Bild 7: Pfannenfahre**

– etwa durch Überlastung oder durch das Eindringen von Feuchtigkeit.

- ❖ Wird die Ethernet Kommunikation verwendet, besteht Zugriff auf die Waage von anderen Arbeitsplätzen im Firmennetz (Fernwartung). Für das reine Beobachten der Waage reicht hier schon ein Internet Browser.

### Beispiel 2: Pfannenfahre

Das nächste Beispiel zeigt eine mobile Pfannenfahre in einem Stahlwerk.

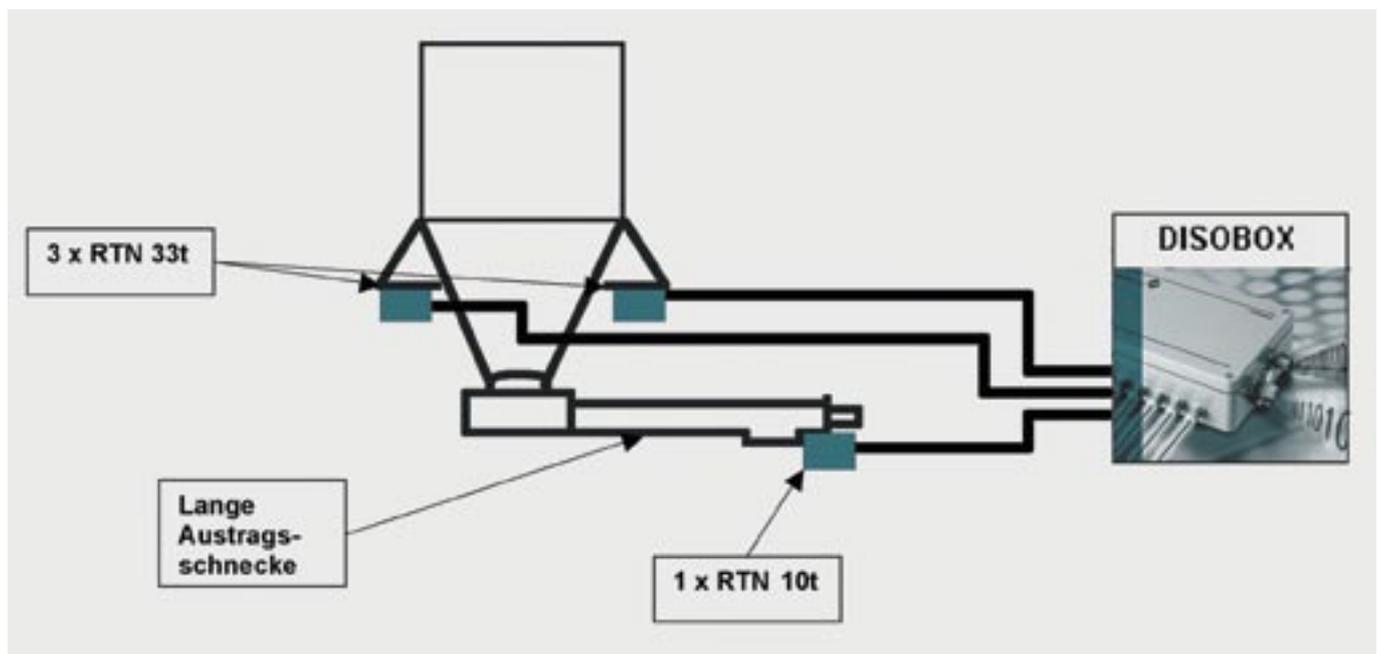
Die Unterbringung einer Waage auf einer solchen Fahre hat sich immer als schwierig erwiesen: Über ein Kabelschlepp oder eine Kabeltrommel geführte Messleitungen haben in der Regel keine lange Lebensdauer. Die Lösung mit der DISOBOX® profitiert davon, dass Energie auf der Fahre für andere Aufgaben zur Verfügung steht.

Das analoge Messsignal wird lokal digitalisiert und kann ab jetzt problemlos per Infrarotstrecke oder per Funk zu einer stationären Gegenstation übertragen werden. Entsprechende Lösungen funktionieren für Kranwaagen bei denen die Sensoren auf der Krantraverse montiert sind. Auch hier ist die Zuführung von Energie sehr viel einfacher (evtl. per Batterie) als die Übertragung der Messspannung über eine Kabeltrommel.

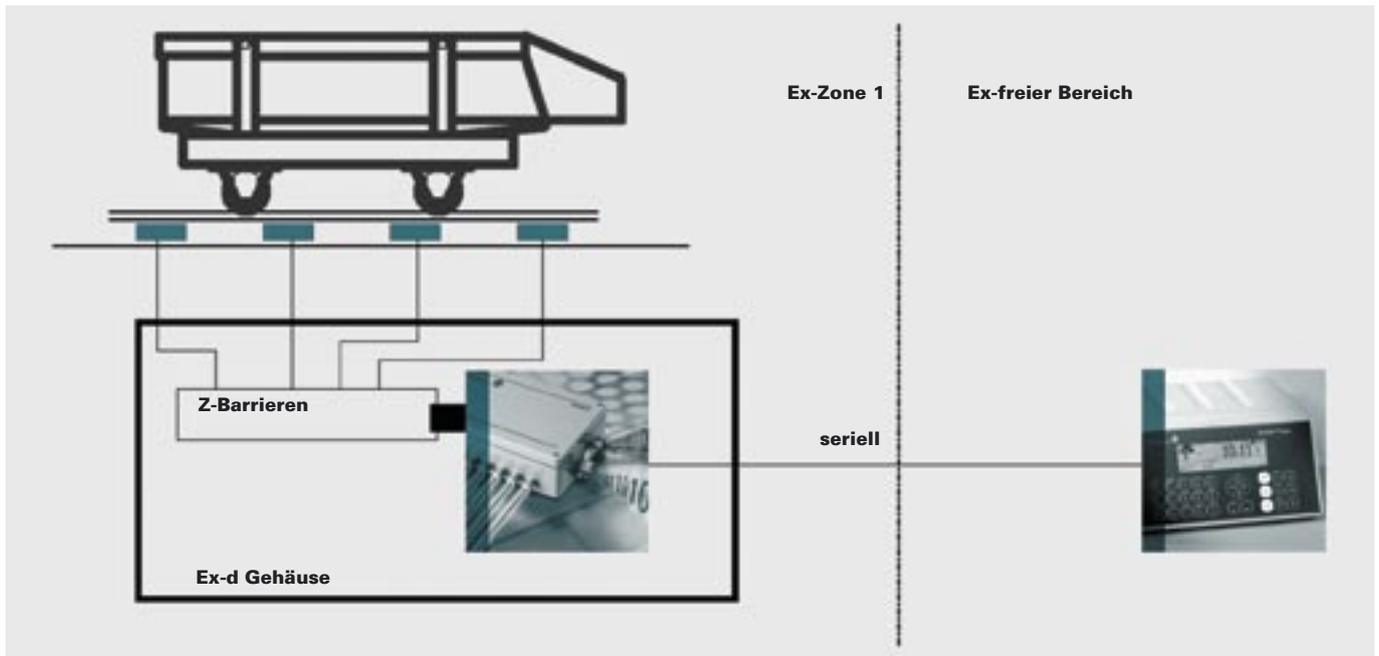
Auch in diesen Anwendungen geht der Nutzen der DISOBOX® weit über die digitale Signalübertragung hinaus. Sowohl beim Umgang mit großen Mengen flüssigem Stahl, als auch auf dem Kran ist die frühzeitige Erkennung von Wägezellendefekten ein wesentlicher Beitrag zur Sicherheit des kompletten Prozesses.

### Beispiel 3: unsymmetrische Waage

Das folgende Beispiel zeigt eine Dosierwaage mit einer langen Austragsschnecke. Bei dieser eichfähigen Anwendung war es nötig, den vorderen Abstützpunkt der Schnecke mit zu wiegen – hier war allerdings die Last deutlich geringer als an den Lagerpunkten des Behälters. Es bot sich an, nicht einfach eine vierte WZ hoher Nennlast mit den Zellen der Lagerpunkte parallel zu schalten. Statt dessen wurde der Vorteil genutzt, dass die an die einzelnen Kanäle der DISOBOX® angeschlossenen WZ keineswegs gleiche Nennlast haben müssen – auch nicht in eichfähigen Anlagen.



**Bild 8: Waage mit Wägezellen unterschiedlicher Nennlast**



**Bild 9: Flüssiggasverladung**

#### **Beispiel 4: Gasverladung**

Im letzten Beispiel wird eine Anwendung speziell für die Überwachung der Einzel-Wägezellen gezeigt: Es handelt sich um eine Verladeanlage, in der Waggons mit Flüssiggas beladen werden. Da die Waggons keinesfalls überladen werden dürfen ist eine Überwachung des Systems zwingend notwendig – klassisch ausgeführt durch eine doppelte Auslegung der Wägezellen in „Tandem-Ausführung“. Diese Aufgabe lässt sich alternativ dadurch lösen, dass die Signale der WZ einzeln erfasst werden. Durch passende Vergleiche der Signale – die die DISOBOX® intern selbstständig erledigen kann – lassen sich Ausfälle einer Zelle frühzeitig erkennen. Ungeplante Stillstände oder gar Fehlbeladungen können vermeiden werden.

Da es sich um eine Anwendung in ATEX Zone 1 handelt, ist die Verwendung digitaler WZ hier nicht möglich.

Im gezeigten Fall wurde wegen der großen Entfernung zum Bedienplatz entschieden, die DISOBOX® einschließlich der Sicherheitsbarrieren vor Ort in einem druckfest gekapselten Gehäuse unterzubringen. Die Übertragung der Messdaten an den Bedienplatz erfolgt wieder seriell über Barrieren in die Ex-freie Zone. Alternativ wäre der Einsatz einer Lichtleiterstrecke möglich gewesen.

#### **Zusammenfassung**

Eine Analyse der Vor- und Nachteile von digitalen Wägezellen zeigt, dass in vielen Anwendungen die Nachteile überwiegen. Die alternative Lösung des vor Ort montierten, mehrkanaligen A/D-Wandlers stellt sich in den meisten Fällen als diejenige heraus, die dem Anwender größeren Nutzen bietet.

Autor:

**Dr. Ulrich Rauchschalbe**, Produktmanager,  
Schenck Process GmbH, Darmstadt, Germany,  
u.rauchschalbe@schenckprocess.com



Schenck Process GmbH  
Marketing Communication  
Pallaswiesenstr. 100  
64293 Darmstadt, Germany  
T +49 61 51-32 29 87  
F +49 61 51-32 27 54  
press@schenckprocess.com  
www.schenckprocess.com