

ALLGEMEIN

Moderne Wägesysteme sind heute weitgehend aus leistungsstarken elektronischen Komponenten aufgebaut. Sie sind jedoch gerade deshalb besonders anfällig für Schäden, die durch Blitzschlag und allgemein durch Überspannung entstehen können.

In einer gemeinsamen Studie mit der Firma Telematic Ltd. (einem Unternehmen der MTL Instruments Gruppe) hat Revere Transducers speziell das Problem von Blitzschäden an Wägesystemen erforscht. Das vorliegende Anwender-Info befaßt sich mit grundsätzlichen Fragen zum Thema Blitzschutz und mit dem Einbau eines Blitzschutzsystems.

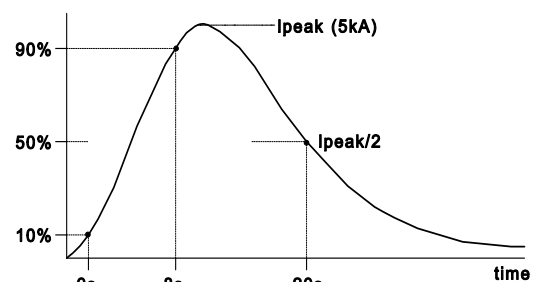
BLITZSCHLAG

Wärme, die sich bei voller Sonneneinstrahlung an Gebirgshängen staut, oder kalte Luftmassen, die auf ihrer Unterseite Warmluft in einer Wetterfront vor sich herschieben, erzeugen Luftbewegungen. Beim Aufsteigen kühlt sich die Warmluft allmählich ab. Es entsteht eine Wolke aus Wassertröpfchen und in größeren Höhen aus Eiskristallen. Eine Gewitterwolke ist ein derartiges System mit höheren Luftgeschwindigkeiten, als dies normalerweise der Fall ist. Die gewaltigen Aufwärts- und Abwärtsströmungen im Zentrum der Wolke erzeugen statische Ladungen, wobei die Eiskristalle in den oberen Schichten der Wolke positiv und die Wassertröpfchen in den unteren Schichten negativ geladen sind.

Das zwischen den Ladungszentren erzeugte Spannungsfeld bewirkt eine Ionisation der Luftmoleküle, so dass ein leitender Kanal entsteht, der die Entladung, d.h. den Blitz, ermöglicht. Die meisten Blitze sind Entladungen zwischen zwei Wolken. Etwa 15% sind Entladungen zwischen Wolke und Erdboden.

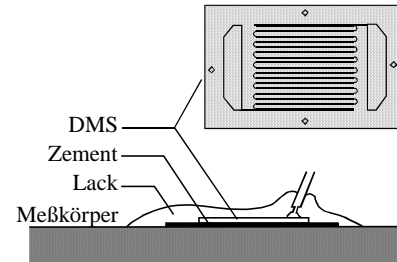
Generell ist die Ladungskonzentration an hohen oder spitzen Punkten am höchsten. Daher schlägt ein Blitz zwischen Wolke und Erde vorzugsweise in Masten, Türme, Bäume usw. ein. Ist der Ionisationskanal zwischen Wolke und Erdboden hergestellt, entsteht ein leitender Pfad, der die Ladungszentren kurzschließt, damit den Hauptstromfluß bzw. Rückschlag ermöglicht und das Gleichgewicht zwischen den Ladungen wiederherstellt. Dieser Strom kann Spannungen in Energieversorgungsanlagen wie beispielsweise lange, parallel zur Erde verlaufende (unterirdische) Kabelzüge induzieren. Untersuchungen haben erwiesen, dass ein Blitzschlag innerhalb eines Umkreises von 300 m um das geometrische Zentrum einer Brückenwaage mit Sicherheit einen schädlichen Einfluß auf diese ausübt. Außerdem sind Schäden nicht auf Blitze zur Erde beschränkt, da Blitze von Wolke zu Wolke ebenfalls einen hinreichend starken elektromagnetischen Impuls erzeugen können, um Schäden zu verursachen. Blitzschläge sind Entladungsstöße, bei denen Strom und Spannung erheblich über den normalen Werten liegen. Zur Prüfung von Blitzschutz-einrichtungen während der Entwicklung werden "Standard"-Wellenformen benutzt.

Eine durch Blitz induzierte stoßförmige Welle wird durch Geräte mit einem Kurzschlußstromausgang von typisch 5 bzw. 10 kA und Impulsen von 8/20 μ s (d.h. Anstieg in 8 μ s und Abklingen auf den halben Wert in 20 μ s) simuliert.



BLITZSCHLAGSCHÄDEN

Kernstück moderner Wägezellen sind folienartige Dehnungsmeßstreifen-Widerstände. Diese Dehnungsmeßstreifen, kurz DMS, werden durch Beschichten eines Epoxyd- bzw. Polyamid Trägers mit einem dünnen Film hergestellt. Eine Wägezelle besteht normalerweise aus vier (bzw. einem Mehrfachen von vier) DMS in Form einer Wheatstone-Brückenkonfiguration. Mit den Speiseleitungen der Wheatstone-Brücke sind mehrere Widerstände in Reihe geschaltet. Diese Widerstände kompensieren Temperatureinflüsse und dienen der Kalibrierung des Wägezellen-Ausgangssignales. DMS und Widerstände können nur niedrigen Spannungen von höchstens 15 oder 20 Volt standhalten. Die Durchschlagfestigkeit des Folienträgers beträgt ca. 400 bis 500 Volt. Durch Blitzschlag entstandene Überspannung bzw. -Strom zerstören die Wägezelle entweder:



- durch Schädigung der Widerstände oder DMS, oder
- durch Schädigung des Folienträgers, der die Brücke mit dem Gehäuse verbindet.

In beiden Fällen kann das Bauteil völlig ausbrennen, muß dies jedoch nicht unbedingt. Möglicherweise wird nur ein Teil der Wägezellschaltung oder die Verklebung eines der DMS beschädigt. In diesem Falle beginnt die Waage fehlerhaft zu arbeiten und/oder nach Belastung nicht zum Nullpunkt zurückzukehren. Gelegentlich treten diese Probleme erst Wochen nach dem Blitzschlag auf! Neben den Wägezellen können ebenfalls Schäden am Messgerät (Anzeigegerät/Rechner) und an peripheren Geräten wie Druckern und Strichcodelesern entstehen, insbesondere, wenn in der unmittelbaren Umgebung wechsellspannungsführende Leitungen getroffen wurden. Wie bei den Wägezellen kann auch hier nur ein kleiner Teil der Elektronik beschädigt sein, wie z.B. RS232-Anschlüsse oder sogar nur ein paar kleine Tantal-Kondensatoren. Geringfügige Schäden, die unmittelbar nach dem Blitzschlag übersehen werden, können einen Anzeigefehler verursachen. Daher sollten die Leiterplatten unbedingt sorgfältig auf Schäden oder Rückstände ausgebrannter Bauteile untersucht werden.

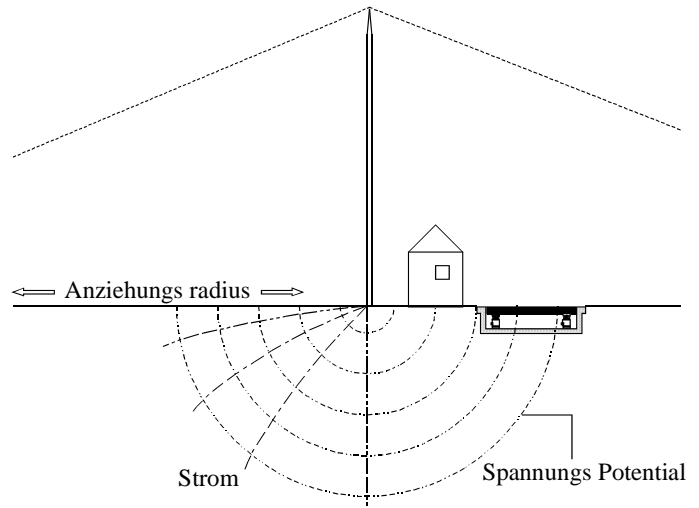
BLITZSCHUTZ

Umfassender Blitzschutz kann verständlicherweise nur erreicht werden, wenn das gesamte System geschützt ist. Bei der Entscheidung, ob ein System komplett oder nur teilweise geschützt werden soll, sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Einbauort (Stadtgebiet, freies Feld),
- durchschnittliche Blitzdichte (Statistiken des zuständigen meteorologischen Institutes),
- die durch Ausfallzeiten entstehenden Kosten,
- Ersatzteil- und Lohnkosten,
- Versicherungsanforderungen (bzw. Prämien!)

Man unterscheidet externen und internen Blitzschutz. Beim **externen Blitzschutz** besteht normalerweise eine Masseverbindung zwischen dem Stahldach der Meßwarte, in der Anzeiger installiert ist, bzw. einer sonstigen nahegelegenen Konstruktion oder eines hohen Schutzmastes, so dass ein bevorzugter Entladungspunkt zur Verfügung steht, über den die Überspannung sicher zur Erde geleitet wird. Dieser externe Blitzschutz ist ziemlich umstritten. Einerseits ist zwar eine Brückenwaage oder generell eine Waage kein besonderer Anziehungspunkt für Blitzschläge, doch hat ein 20 Meter hoher Mast einen Anziehungsradius von 81 m. Das heißt, ein Blitz, der ohne einen solchen Mast in ein Gebäude oder einen Baum in einer Entfernung von 60 m oder mehr einschlagen würde, erzeugt zwangsläufig einen Stromstoß in der unmittelbaren Umgebung der Brückenwaage! Ohne sehr strenge Vorsichtsmaßnahmen bewirkt ein solcher Stromstoß einen elektromagnetisch induzierten Impuls, der zweifellos schwere Schäden an der Brückenwaage verursachen kann.

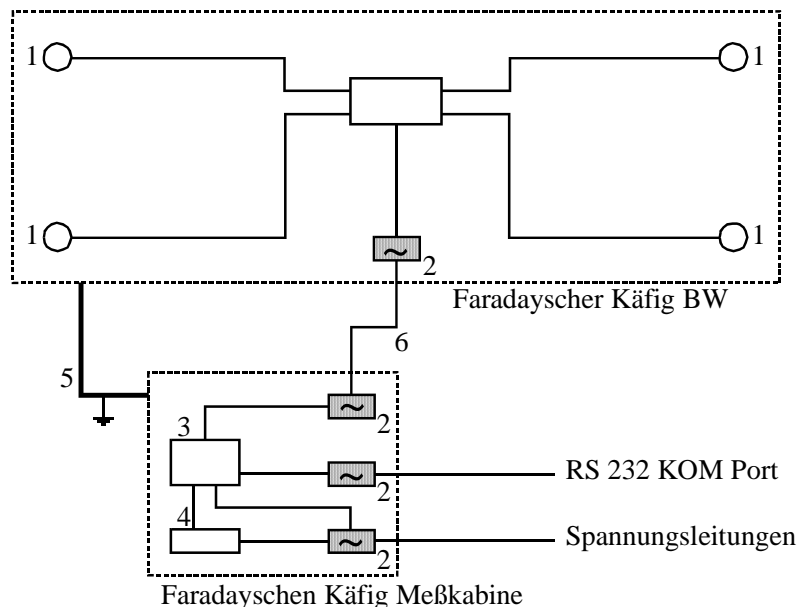
Effektive Höhe der Konstruktion(m)	Anziehungsradius (m)
5	30
10	50
15	67
20	81
25	95
30	108
40	132
50	155



Aus der obigen Tabelle geht der Anziehungsradius einer Konstruktion bei einer bestimmten effektiven Höhe für Abwärtsschläge hervor. Masten zum Schutz der Brückenwaage bieten den einzigen Vorteil, dass der Blitz nicht direkt in die Brückenwaage einschlägt, erhöhen jedoch auf Grund ihrer blitzanziehenden Wirkung eigentlich das Beschädigungsrisiko.

Interner Blitzschutz besteht in der Herstellung eines Potentialausgleiches innerhalb des gesamten Systems durch den Einsatz von Schutzvorrichtungen und im Bau der Brückenwaagen-Konstruktion in Form eines Faradayschen Käfigs. Um die Kontrollwarte bzw. die Meßkabine wird ebenfalls ein Faradayscher Käfig aufgebaut. Eine relativ kurze Entfernung zwischen den beiden Käfigen erfordert eine Erdverbindung, d.h. das Potential des gesamten Systems ist immer gleichbleibend.

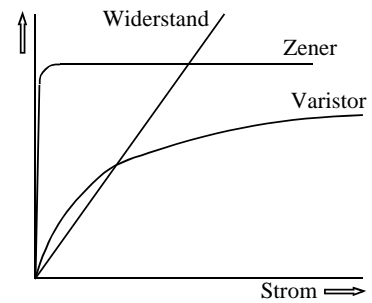
Alle externen Verbindungen, wie Wechselspannungsleitungen, Kommunikations-Anschlüsse und die Signal-/Speiseleitung, sind eine potentielle Quelle von Stromstößen und kurzzeitigen Überspannungen. Unabdingbar für die Gewährleistung des Blitzschutzes ist daher der Einbau einer Überspannungsschutzvorrichtung am Eingang des Faradayschen Käfigs für jede Eingangs- bzw. Ausgangsleitung.



- 1: Wägezelle
- 2: Schutzvorrichtung
- 3: Anzeiger
- 4: Drucker
- 5: Potentialausgleichsleitung mit Erdverbindung ($\geq 16\text{mm}^2$)
- 6: Signal-/Speiseleitung

BLITZSCHUTZ-EINRICHTUNGEN

Einzelne Komponenten, welche die erforderlichen Merkmale, wie praktisch sofortige Betriebsbereitschaft, hohe Strombelastbarkeit, genaue Spannungsregulierung und Stabilität, in sich vereinigen, gibt es nicht. Daher werden in der Praxis Mehrkomponenten-Netzwerke (Blitzschutzeinheiten) eingesetzt, mit denen man die jeweiligen Vorteile mehrerer Komponenten nutzt. In einem solchen Blitzschutz sind Gasentladungsröhren für hohe Stromablenkung mit Zenerdioden für sichere Spannungsbegrenzung mit minimalem Leckstrom kombiniert.



Für Wechselspannungs-Anwendungen benutzt man wegen deren höheren Absorptionsvermögens häufig Varistoren. Wie die Sicherheitsbarrieren für eigensichere Systeme sind die meisten Blitzschutzeinheiten, in Reihe geschaltet. Durch Blitzschutzeinheiten dieser Art wird der Widerstand der Schaltung erhöht und die Betriebsspannung begrenzt. Außerdem bewirkt der Einbau einer Blitzschutzvorrichtung einen zusätzlichen Temperatureffekt:

- 1) **Der Längswiderstand des Blitzschutzes variiert bei jeder Änderung der Umgebungstemperatur.**
- 2) **Der Erdleckstrom variiert bei jeder Änderung der Umgebungstemperatur.**

Diese anscheinend geringfügigen Auswirkungen verursachen bei Wechselspannungsleitungen und digitalen Kommunikationsleitungen keinerlei Probleme, bewirken jedoch einen erheblichen Fehler des Wägesystems, insbesondere, wenn der Blitzschutz an beiden Enden der Leitung zwischen Verbindungskasten und Anzeiger installiert ist.

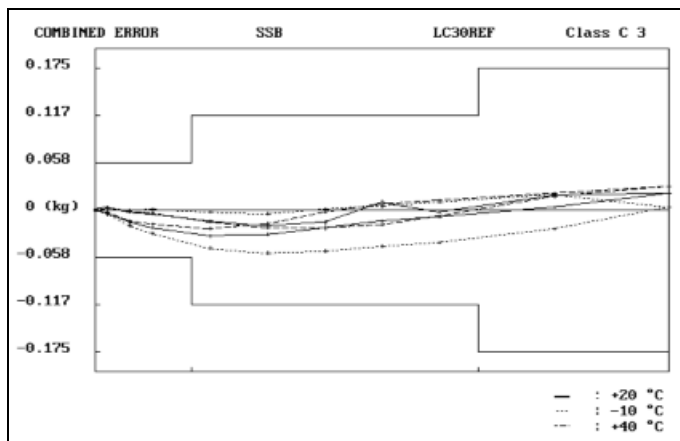
Der Blitzschutz LC30 von Telematic Ltd. wurde speziell zum Schutz von Wägezellen und Wäganlagen entwickelt. Er beeinträchtigt die vom Hersteller angegebene Genauigkeit nicht. Die (**nach IEC 801.5 geprüfte**) Vorrichtung ist mit der Meß-, Fühler- und Speiseleitung in Reihe geschaltet und hat eine geringe Impedanz (1Ω). Er wird für die Installation an beiden Enden der Schaltung - Brückenwaage und Waage - empfohlen. Der Blitzschutz LC30 begrenzt unter normalen Bedingungen ankommende Spannungsspitzen sofort und ohne Leckverluste. Nach der Spannungsspitze erfolgt ein sofortiges Rücksetzen in den passiven Status, so dass der normale Betrieb fortgesetzt werden kann. Hier die technischen Daten des Blitzschutzes LC30:

Nennwert der Speisespannung	Vac/dc	10...15
Max. Speisespannung	Vac	20
Max. Speisespannung	Vdc	28
Leckstrom bei 28 Vdc	μ A	<10
Spitzenimpulsstrom (8/20 μ s)	kA	10
Schutzart nach IEC44	IP67 (Gehäuse)	
Anschlüsse Eingang und Ausgang	6-Leiter + Abschirmung + Erde	

Für Wechselspannungsleitungen empfehlen wir MA05/D/2. Dieser Blitzschutz bietet einen einzigartigen Dreistufenschutz: erstens Spannungsbegrenzer zum Schutz vor Beschädigung bzw. den internen Filter; zweitens einen Filter zur Unterdrückung von Störfrequenzen im System; drittens Suppressor-Dioden. Für RS232-Kommunikationsleitungen empfehlen wir MTL377-16V. Die technischen Daten lauten:

	Betriebsspannung (V)	Max. Betriebsstrom (mA)	Max. Widerstand (Ω)	Leckstrom (μ A)	Durchlaßspannung (V)
MA05/D/2	240	5000		< 300	
MTL377-16V	16	300	12	5	26

LC30-TEMPERATURPRÜFUNG

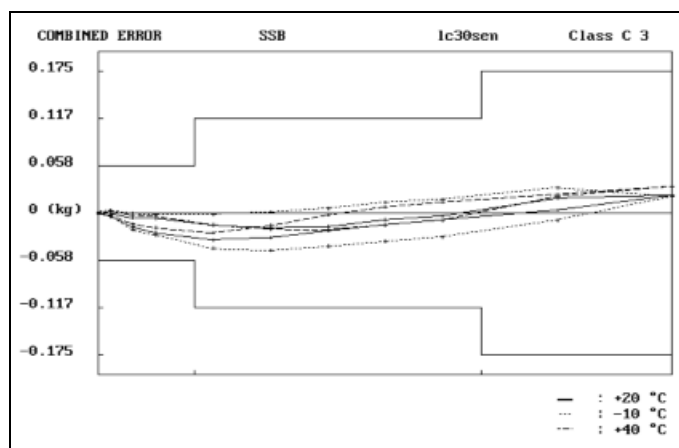


Die Grafik im Bild links zeigt das Ergebnis einer Temperaturprüfung der Wägezelle vom Typ SSB mit einem Eingangswiderstand von 350Ω und einer Nennlast von 500 kg. Die Wägezelle war an ein Anzeigergerät vom Typ HBM DK38 angeschlossen, der die Wägezelle mit 10 VAC/225 Hz speist.

Nach den OIML-Empfehlungen R-60 sollen sich die Fehlergrenzen auf die in der Abbildung dargestellte Hüllkurve beziehen.

Das zweite Diagramm zeigt die Ergebnisse desselben Tests bei Anschluss eines Blitzschutzes LC30 in Reihe zwischen DK38 und Wägezelle.

Bei dieser Prüfung wurden die Fühlerleitungen zur effektiven Messung des Leckstromes in den Fühler- und Meßleitungen benutzt.



Wie aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich, wird der Temperatureinfluß auf das Nullsignal und auf den Nennkennwert vom Blitzschutz LC30 kaum beeinträchtigt (S = Nennkennwert). Die geringfügigen Änderungen der Werte für das Nullsignal bei Nulllast und den Nennkennwert zusammen mit der hohen Temperaturstabilität ermöglichen einfaches Neukalibrieren der Waage ohne Beeinträchtigung der Gesamtgenauigkeit.

Wir empfehlen eine Überprüfung der Waagenkalibrierung vor und nach dem Einbau des Blitzschutzes mit einem Referenzgewicht (z.B. beladener Lastwagen).

	Referenzwert (mV/V)	LC30 (mV/V)	Differenz (%S)
Nullpunkt unkompensiert bei 20 °C	0.00520	0.00496	0.012
Nullpunkt unkompensiert bei -10 °C	0.00505	0.00479	0.013
Nullpunkt unkompensiert bei 40 °C	0.00531	0.00506	0.012
Meßbereich kompensiert für Nullpunkt bei 20 °C	2.00313	2.00225	0.044
Meßbereich kompensiert für Nullpunkt bei -10 °C	2.00307	2.00223	0.042
Meßbereich kompensiert für Nullpunkt bei 40 °C	2.00317	2.00229	0.044

Der Abgleich jeder einzelnen Wägezelle (Eckenabgleich) wird vom Blitzschutz nicht beeinträchtigt, wenn dieser zwischen Verbindungskasten und Anschlußkabel installiert wird.

ERDUNG

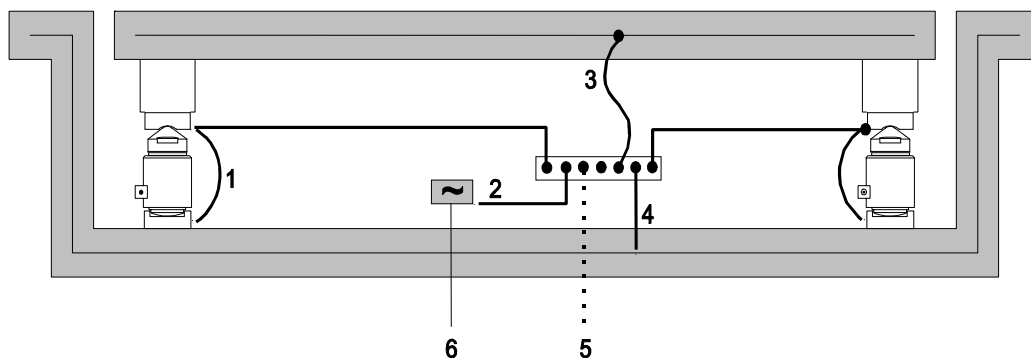
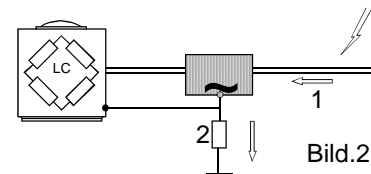
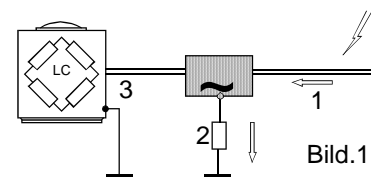
Für den sicheren Blitzschutz ist eine korrekte Erdung unabdingbar. Die normalen Verdrahtungsvorschriften enthalten zwar Richtlinien für den Erdwiderstand zum Schutz von Personal bzw. Geräten oder zur Störungsunterdrückung, sagen jedoch generell wenig über Systeme zum Schutz vor Blitzschlag und Überspannung aus. Die Hauptfunktion jeglicher Schutzvorrichtung für elektronische und elektrische Geräte besteht darin, den Potentialunterschied zwischen Schaltung und Erdverbindung minimal zu halten. Blitzschutzvorrichtungen haben den Zweck, Spannungen zwischen den Leitungen und Leitung gegen Erde auf für das Gerät zuträgliche Werte zu regulieren. Eine Vorrichtung, die hohe Ströme nach Erde ableitet, muß niederohmig mit dieser Erde verbunden sein. Das heißt, die Erdverbindung muß einen niedrigen Widerstand haben (erheblich unter $0,5 \Omega$); sie muß kurz, so direkt wie möglich und ohne Knick sein.

Hier besteht die Erdung in der Bestimmung eines zentralen Punktes, über den alle elektrischen Systeme fließen, und nicht unbedingt im Anlegen großer Erdmatten. Die Erdverbindungen sollten mindestens zweimal jährlich geprüft mit einem guten oxydationshemmenden Fett behandelt werden.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen einen Blitzschutz, der an eine entfernt installierte Wägezelle angeschlossen ist. Im allgemeinen induzieren in der Nähe einschlagende Blitze Ströme bis 500 A (1). In diesem Fall würde die im Blitzschutz integrierte Gasentladungsröhre leitend, und der Strom würde über das $0,2\Omega$ -Massekabel (2) zur Erde geleitet.

Ungeachtet der Induktivität des Kabels würde dieser Strom eine kurzzeitige Gleichtaktspannung von $500 \cdot 0,2 = 100V$ über dem Erdleiter in Reihe mit Eingangs-/Ausgangs- und Erdklemme der Wägezelle (3, Fig. 1) erzeugen.

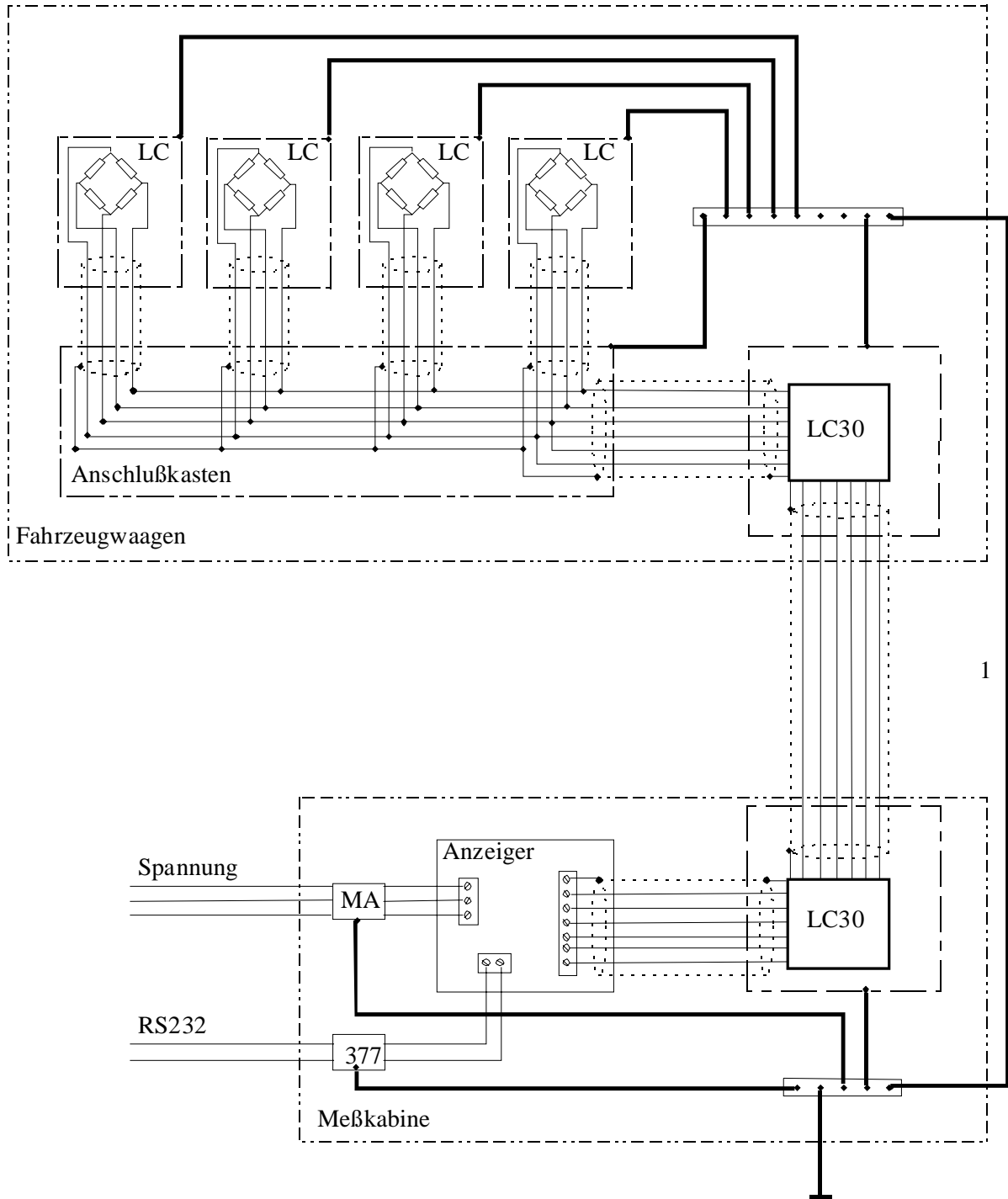
Dieses Problem läßt sich mit einer **korrekten** Erdung (siehe Abbildung 2) ganz einfach bewältigen. Durch Erden der Wägezelle und des Blitzschutzes in einem Punkt steigt das Potential an beiden in gleicher Höhe. Sind keine weiteren Erdverbindungen vorhanden, "sieht" die Wägezelle die Spannungsspitze nicht mehr und wird folglich nicht beschädigt. Die richtige Erdung ist folgendermaßen aufgebaut:



- 1 Massekabel über der Wägezelle
- 2 Massekabel am Blitzschutz
- 3 Massekabel an der Betonbewehrung der Waagenbrücke
- 4 Massekabel an der Betonbewehrung des Waagenfundaments
- 5 Massekabel zur nahegelegenen Erdungsstange in der Wägekabine oder zur örtlichen Erde
- 6 Abschirmtes Signal-/Speisekabel zum Anzeigergerät

Zusätzliche Erdungsstäbe um die Brückenwaage sind zu vermeiden (nur ein Referenzpunkt). Für die Abschirmung der Wägezellenkabel gelten die üblichen Grundsätze.

SYSTEMAUFBAU



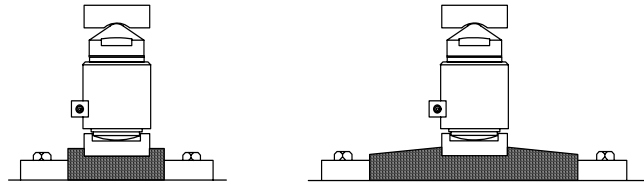
Anmerkungen:

- Das Potentialausgleichskabel (1) sollte nur bei relativ kurzen Entfernungen zwischen Brückenwaage und Wägekabine benutzt werden. Andernfalls sollte die Brückenwaage vor Ort mit Erde verbunden werden.
- **Der Leitungsquerschnitt aller Erdungskabel zu Wägezellen, Verbindungskästen usw. sollte 16mm² betragen.**
Das Haupterdkabel (1) sollte einen Querschnitt von 16 mm² haben.
- Der Blitzschutz LC30 sollte einmal zum Schutze der Wägezellen und ein zweites mal zum Schutze des Anzeigergerätes eingebaut werden.

ISOLIERPLATTEN

Einige Brückenwaagen-Hersteller installieren zwischen Wägezelle und Wägeobjekt Isolierplatten. Obwohl damit ein gewisser Schutz gewährleistet wird, ist zu berücksichtigen, dass die Wägezellenschaltung trotzdem von hohen durch Blitze induzierten Strömen durchflossen und beschädigt werden kann.

Das Auftreten eines derart hohen Potentialunterschiedes, dass der Folienträger zwischen DMS und Gehäuse beschädigt werden kann, ist jedoch unwahrscheinlich. Die Isolierplatten erfüllen ihre Funktion nur, wenn sie gut gegen Feuchtigkeit geschützt sind; sobald die Platten überflutet werden, fällt der Isolationswiderstand drastisch ab.



Für einen langen Isolationsweg sollten die Isolierplatten möglichst groß bemessen sein (siehe obige Zeichnung).

Die vorliegende Informationsschrift soll dem Anwender eine Vorstellung über die Erfordernisse eines angemessenen Blitzschutzes vermitteln. Die beschriebenen Blitzschutzkonzepte basieren auf verschiedenen "Technischen Informationen" der Firma MTL (auf Anfrage erhältlich) und auf den Felderfahrungen unserer Kunden.

Preise und ausführliche Information über Blitzschutzvorrichtungen stehen auf Anfrage zur Verfügung.

Kundenunterstützung:

Revere Transducers verbindet fünfzig Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Herstellung von Wägezellen mit fünf Jahrzehnten Anwender-Knowhow. Zur Beantwortung weiterer Fragen setzen Sie sich bitte direkt mit uns oder den zuständigen Distributoren in Verbindung.

Revere Transducers Europe

Ramshoorn 7
Postbus 6909, 4802 HX Breda
The Netherlands
Tel. (+31) 76-5480700
Fax. (+31) 76-5412854



Gebietsvertretungen in Deutschland, Frankreich und Großbritannien