

# **Erdbebensicherheit von Einrichtungen der Energie- und Wasserversorgung**

## **Schalt- und Steuerschränke sowie Computereinrichtungen**

*30.1.2004*

### ***TEIL II: MASSNAHMEN***

© IWB

**kann im Rahmen von Projekten beauftragten Unternehmungen  
zur Umsetzung abgegeben werden**

#### **STUDER ENGINEERING**

Jost A. Studer, Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH/SIA

Thujastrasse 4 · CH-8038 Zürich  
Telefon +41-1-481 06 00 · Fax +41-1-481 06 02

2165.02/STUDER  
Zürich, 06.04.06  
erdbebensicherheit schränke

## **Inhaltsverzeichnis**

## **Seite**

**1    Einleitung, Generelles**

**2**

**2    Kippen**

**4**

**3    Gleiten, Wegrollen**

**8**

**4    Herunterfallen**

**12**

# 1 Einleitung, Generelles

## *Ausgangslage*

In den IWB sind verschiedene Massnahmen im Rahmen der Erdbebenvorsorge geplant. Zu diesen Massnahmen gehört auch die Erarbeitung von Musterlösungen zur Fixierung von Schalt- und Steuerschränken sowie von wichtigen Computereinrichtungen. Dieser Bericht soll die Kriterien zur Beurteilung der Erdbebensicherheit dieser Einrichtungen zusammenfassen, sowie geeignete Musterlösungen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit aufzeigen.

## *Gliederung*

Der Gesamtbericht gliedert sich in drei eigenständige Teile:

- Teil I: Grundlagen, Theorie
- Teil II: Massnahmen
- Teil III: Bilderdokumentation

Das vorliegende Dokument umfasst Teil II.

## *Umsetzung*

Das Ziel bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit der Anlagen der IWB ist, eine ungefähre, aber realistische und konservative Abschätzung der direkten Schäden zu erhalten. Die Lage ist derart, dass effektive und kostengünstige Massnahmen vorgeschlagen werden, so dass eine aufwändige rechnerische Analyse nicht nötig oder gerechtfertigt ist.

Nach einer ersten Beurteilung der Sicherheit der Anlagen sind die vorgeschlagenen Massnahmen derart naheliegend, dass deren Umsetzung ohne die Formulierung eines ganzen Aktionsplans möglich ist. Beispiele sind das Verankern von nicht befestigten Anlagen (besonders Transformatoren, aber auch Schränke).

Die vorgeschlagene Vorgehensweise zur effektiven Umsetzung der Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit ist die folgende:

- Die Massnahmen für neue Installationen schon während der Bauphase/Installation einplanen. Nachträgliche Massnahmen sind oft aufwändig und teurer.
- Für bestehende Anlagen empfiehlt es sich, die Massnahmen während den ohnehin durchgeführten periodischen Kontrollen und Instandsetzungsarbeiten vorzusehen. Sofortige Massnahmen können jedoch bei einem grossem Risikopotential nötig sein.

Die vorgeschlagenen Lösungen beinhalten einfache konstruktive Massnahmen, welche mit niedrigem Aufwand innerhalb der betrieblichen Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden können. Ein Beispiel einer effektiven kostengünstigen Massnahme ist die Verankerung von Transformatoren.

<i>Individuelle Lösungen</i>	Die verschiedenen Einrichtungen unterscheiden sich beträchtlich. Eine universelle konstruktive Lösung kann hier deshalb nicht angegeben werden. Das Konzept der Lösung kann jedoch wohl vorgeschlagen werden, wonach eine konkrete Massnahme intern geplant und umgesetzt werden kann.
<i>Anlagen innerhalb eines Körpers</i>	Die hier vorgeschlagenen Massnahmen sind auch im innern eines Körpers übertragbar (z.B. USV Batterien in einem Schrank). Dabei sind sowohl die inneren Einrichtungen zu kontrollieren, als auch die Gesamtstabilität des Körpers.
<i>Computereinrichtungen</i>	Generell gelten die in den nachfolgenden Kapiteln vorgeschlagenen Massnahmenkonzepte auch für Computereinrichtungen. Bei kleineren Installationen ist die Zweckmässigkeit einer Massnahme (z.B. feste Verbindung eines Monitors mit der Unterlage) aufgrund des Risikopotentials bei einem Ausfall der Einrichtung zu beurteilen.
<i>Indirekte Auflagerung</i>	Bei indirekter Auflagerung (nicht direkte Fixierung am Boden / an der Wand) sind sowohl der eigentliche Körper als auch die Auflagerung zu befestigen.

## 2 Kippen

### *Massnahmenkonzepte*

Massnahmenkonzepte zur Erfüllung der Kippsicherheit beinhalten (Wirkungsgrad in Absteigender Reihenfolge):

K1) Falls der Körper an einer Wand liegt: direkte Fixierung des Körpers an der Wand, möglichst an den oberen Ecken.

Beurteilung:

- Beste Lösung
- Kann meistens ohne Probleme realisiert werden
- Sehr geringer Aufwand
- Es muss darauf geachtet werden, dass die Wand ihrerseits standfest ist (z.B. keine dünne Gipswand, welche lediglich als Abtrennung dient). Ansonsten muss ein anderes Konzept gewählt werden.

K2) Falls der Körper nicht vernünftig an einer Wand fixiert werden kann: Fixierung an einem anderen Körper im Raum.

Beurteilung:

- Gute Lösung, mit relativ geringem Aufwand möglich
- Eine gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Körper (Domino-Effekt) ist zwar wegen dem im allgemeinen unterschiedlichen zeitlichen Verlauf der Schwingungen eher unwahrscheinlich, aber möglich.
- Aus obigem Grund sollte folgendes beachtet werden:
  - wenn möglich, Fixierung mindestens eines Körpers an einer Wand (direkt oder indirekt)
  - alternativ ist die Verbindung der einzelnen Körper biegesteif (massiv) zu realisieren, damit es nicht zu relativen Verdrehungen kommen kann.

K3) Fixierung am Boden mit Schrauben.

Beurteilung: Nur empfehlenswert, wenn Massnahmen K1 und K2 nicht möglich sind, da diese Lösung verschiedene Nachteile haben kann:

- Bei hohen, schlanken Körpern ist die Wirkung dieser Massnahme relativ gering, bzw. es werden *massive Verschraubungen* benötigt, um die Erdbebenkräfte aufzunehmen.
- Die Verschraubung am Boden ist nicht überall mit vernünftigem Aufwand möglich, wenn der Körper nicht vorgängig für eine solche Verschraubung ausgelegt wurde. Zudem ist zu berücksichtigen, dass oft Überböden vorhanden sind. Die neue Verschraubung sollte natürlich bis an die effektive tragende Decke führen.
- Zu berücksichtigen ist auch, dass mit dieser Massnahme unter Umständen lediglich der Schwachpunkt der tragenden Struktur verschoben werden könnte, z.B. in die unmittelbare Umgebung der Verschraubung, welche im allgemeinen nicht für grosse Kräfte ausgelegt ist.

*Symmetrie*

Bei allen obigen Konzepten ist darauf zu achten, dass die Massnahmen möglichst **symmetrisch** angeordnet werden, um Torsionsbeanspruchungen zu vermeiden. Jede Unsymmetrie in den Auflagerbedingungen ist zu vermeiden. Beispiele:

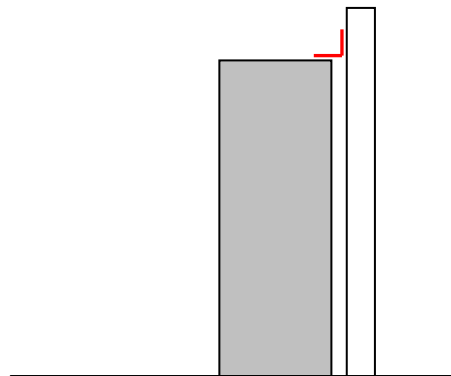
- Bei punktueller Befestigung eines Hochschranks an einer Wand (Massnahme K1) sind links oben und rechts oben Fixierungen an die Wand anzuordnen. Eine einseitige Fixierung würde zu Torsionsbeanspruchungen führen, wofür der Schrank nicht ausgelegt ist.
- Die Verbindung zweier Körper (Massnahme K2) ist entweder oben mittig oder besser an zwei oberen Ecken zu realisieren.
- Bei einer Verschraubung am Boden (Massnahme K3) sollten an allen Ecken Schrauben angeordnet werden.

*Skizzen*

Im folgenden werden für obige Massnahmen Konzeptskizzen angegeben. Die jeweilige Massnahme ist dabei rot dargestellt. Der zu Fixierende Körper ist grau hinterlegt. Bemerkungen zu den einzelnen Skizzen sind in kursiv angegeben.

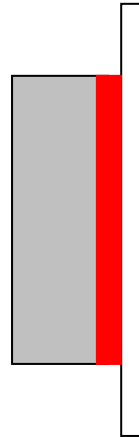
*Konzept K1*Konzept K1): Fixierung an der Wand

Ansicht:



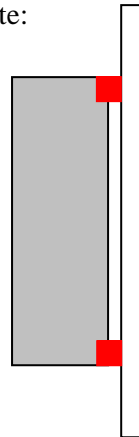
*Der Körper wird mittels Schrauben (i.a. mit einem Stahlwinkel) an der Wand befestigt. Grössenordnungen: Schrauben M12, Winkel Dicke 3mm, Schenkellänge 5cm.*

## Grundriss:



*Der Stahlwinkel reicht über die ganze Breite und wird in regelmässigen Abständen mit Schrauben am Körper und an der Wand fixiert. Grössenordnungen: Schrauben M12, Breite des Winkels 5cm, alle 50cm fixiert bzw. mindestens einmal pro Schrankelement.*

## Grundriss Variante:

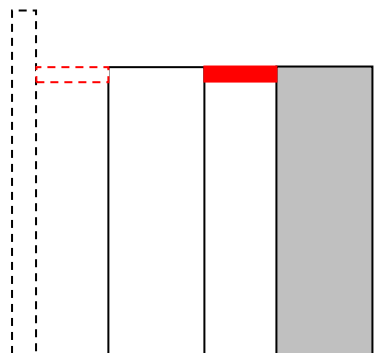


*Bei geringer Masse (Körper inkl. Inhalt) genügen punktuelle Fixierungen an den Ecken.*

## Konzept K2

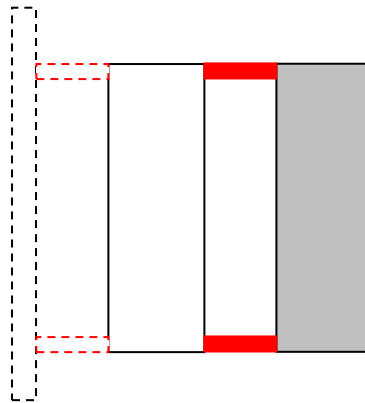
Konzept K2): Fixierung an einem anderen Körper

## Ansicht:



*Die Fixierungen sind biegesteif auszuführen (d.h. massiv, um eine Gelenkwirkung zu vermeiden). Alternativ kann der zweite Körper zusätzlich an die Wand fixiert werden, mittels Konzept K1. Grössenordnungen: Schrauben M16, Stahlprofil (U-Profil) verschraubt.*

Grundriss:

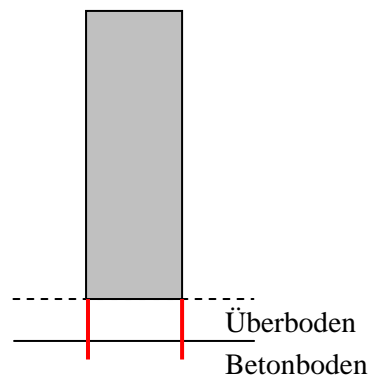


*Die Verbindungen sind symmetrisch auszuführen, um Torsionsbeanspruchungen mit resultierenden Verdrehungen zu vermeiden.*

*Konzept K3*

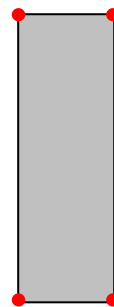
### Konzept K3): Fixierung am Boden

Ansicht:



*Im Falle eines Überbodens (z.B. für Leitungsschächte usw.) ist die Verbindung bis an den Betonboden zu führen und gut zu verankern. Größenordnung: Schrauben M16.*

Grundriss:



*Die Verbindungen sind symmetrisch auszuführen, um Torsionsbeanspruchungen mit resultierenden Verdrehungen zu vermeiden.*



### 3 Gleiten, Wegrollen

#### *Massnahmenkonzepte*

Massnahmenkonzepte zur Erfüllung der Gleitsicherheit beinhalten (Wirkungsgrad in Absteigender Reihenfolge):

G1) Begrenzung / Verhinderung der potentiellen Verschiebung mittels fixen Hindernissen wie z.B. starren Stahllaschen oder Keile (bei Rollen).

Beurteilung:

- Wirkungsvolle Lösung
- Im allgemeinen sehr geringer Aufwand

G2) Direkte Fixierung der Auflager am Boden, mittels Schrauben oder Schweissnähte

Beurteilung:

- Im allgemeinen sehr geringer Aufwand
- Falls Überböden vorhanden sind, muss die Fixierung bis an die effektive tragende Decke führen.

G3) Direkte Fixierung des Körpers an einer Wand

Beurteilung:

- Evtl. mit Massnahmen gegen Kippen kombinierbar, jedoch ist zu beachten, dass Gleitsicherungen möglichst nahe bei den Auflagern am wirkungsvollsten sind, während Kippsicherungen eher von den Auflagern entfernt anzuordnen sind. Bei Körpern mit einer kleinen Schlankheit (Verhältnis von Höhe zu Breite) kann diese Lösung jedoch sehr effektiv als Kombination von Kippsicherungen mit Gleitsicherungen sein (in mittlerer Anordnung). Dabei sollte die Schlankheit den Wert von ca. 2.0 nicht überschreiten.
- Bei schlanken Behältern ist auch eine Fixierung an der Wand durch eine Umgürtung möglich. Es ist jedoch zu überprüfen, ob diese Massnahme am Behälter Schäden (Beulen der Stahlwand) verursachen kann. Oft ist diese Lösung aus betrieblichen Gründen (Öffnen von Türen am Körper) nicht machbar.

G4) Bei Lagerung auf Füßen: Einbetonierung der Füße

Beurteilung:

- Anschlusseisen zur unteren Decke (kein Überboden) sind nötig
- Nicht flexible Lösung.

#### *Skizzen*

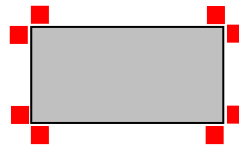
Im folgenden werden für obige Massnahmen Konzeptskizzen angegeben. Die jeweilige Massnahme ist dabei rot dargestellt. Der zu Fixierende Körper ist grau hinterlegt. Bemerkungen zu den einzelnen Skizzen sind in kurz angegeben.

*Konzept G1*Konzept G1): Begrenzung / Verhinderung der Verschiebung

Ansicht:

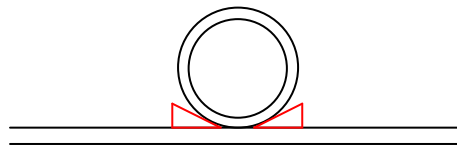


Grundriss:



*Die Wegbegrenzer (z.B. Stahllaschen) sind gut am Untergrund zu fixieren. Grössenordnung: Schrauben M12, Stahlwinkel Dicke 3mm, Schenkellänge 5cm*

*Im Falle von Rollen (z.B. bei Transformatoren auf Schienen) ist das Anbringen von Keilen sinnvoll:*



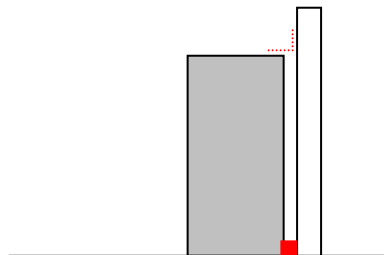
*Die Keile sind dabei gut an der Schiene zu fixieren (welche ihrerseits gegen Gleiten fixiert sein muss!). Die Keile sollen einen möglichst grossen Öffnungswinkel aufweisen. Grössenordnung: Schrauben M16. Bei Transformatoren sind jedoch konkrete Berechnungen durchzuführen.*

*Konzept G2*

Das Konzept G2 (Fixierung am Boden) entspricht dem Konzept K3 gegen Kippen.

*Konzept G3*Konzept G3): Fixierung an einer Wand

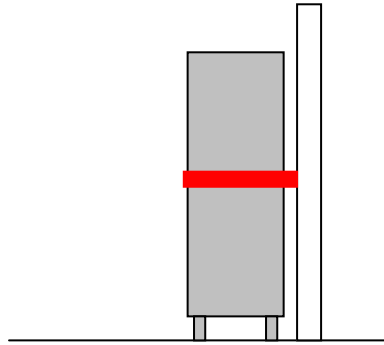
Ansicht:



*Evtl. kombiniert mit Massnahmen gegen Kippen nach Konzept K1.*

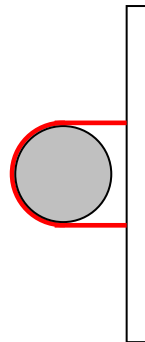
Kombinationsmöglichkeit mit Kippmassnahmen: Umschnürung

Ansicht:



*"Labile" Losung, falls nicht exakt im Schwerpunkt fixiert. Die Möglichkeit einer Beschädigung des Körpers ist zu prüfen. Grössenordnung: Halterung an der Wand mit Schrauben M12; Umschnürung mit Kette oder Stahlband Dicke 2mm, Breite 5cm.*

Grundriss:

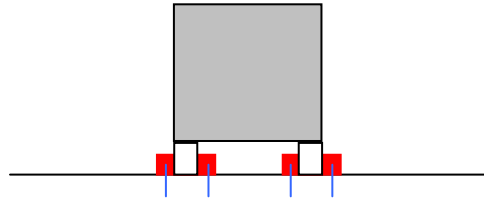


Beispiel: Gasflasche durch Kette an Wand fixiert (Bild aus Mischreservoir)



*Konzept G4*Konzept G4): Einbetonieren der Füsse

Ansicht:



*Anschlusseisen mit guter Verankerung zur Betondecke sind notwendig (blau dargestellt). Grössenordnung: Eisen Durchmesser 10mm, 4 Eisen pro Fuss.*

## 4 Herunterfallen

### *Massnahmenkonzepte*

Das Herunterfallen hat seinerseits als Ursache das Gleiten. Die entsprechenden Massnahmenkonzepte sind deshalb hier auch anwendbar. Wenn das Kippen verhindert werden kann und durch ein begrenztes Gleiten keine direkte Folgeschäden entstehen können (wie z.B. Abreißen von starr befestigten Leitungen usw.), sind auch folgende Massnahmen möglich:

#### H1) Wegbegrenzung (Anschlaghindernis)

##### Beurteilung:

- Einfache und wirkungsvolle Lösung

#### H2) Verbreiterung des Auflagerbereichs, aufgrund der erwarteten Verschiebung

##### Beurteilung:

- Die Machbarkeit dieser Lösung ist je nach Situation verschieden; oft ist dies nicht mit vertretbarem Aufwand möglich.

#### H3) Verbindung (Umschnürung) verschiedener Körper

##### Beurteilung:

- Die Machbarkeit dieser Lösung ist je nach den betrieblichen Erfordernissen zu beurteilen.
- Ein kollektives Herunterfallen ist nicht anzunehmen, da die Schwingeeigenschaften der einzelnen Körper im allgemeinen verschieden sind.

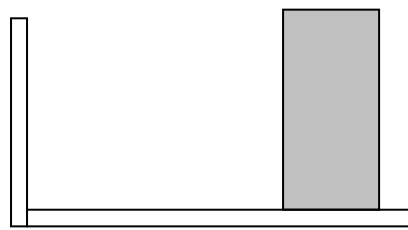
### *Skizzen*

Im folgenden werden für obige Massnahmen Konzeptskizzen angegeben. Die jeweilige Massnahme ist dabei rot dargestellt. Der zu Fixierende Körper ist grau hinterlegt. Bemerkungen zu den einzelnen Skizzen sind in kursiv angegeben.

#### *Konzept H1*

#### Konzept H1): Wegbegrenzung

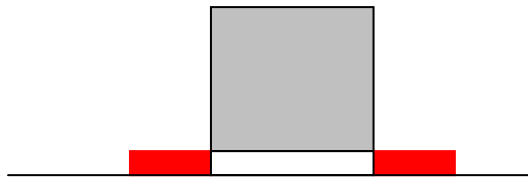
##### Ansicht:



*Die Wegbegrenzer sind gut zu fixieren und mindestens über die Hälfte der Körperhöhe zu führen. Grössenordnung: Schrauben M16.*

*Konzept H2*Konzept H2): Verbreiterung des Auflagerbereichs

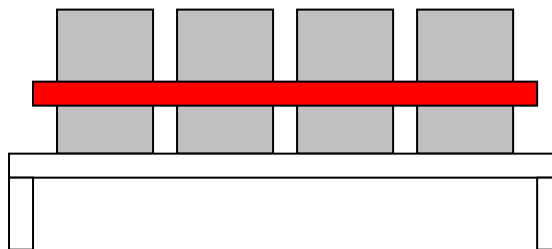
Ansicht:



*Der ursprüngliche Podest des Körpers wird in obiger Skizze verbreitert. Die notwendige Verbreiterung im konkreten Fall ergibt sich aus den Resultaten gemäss Berichtteil I, Abschnitt 4.3.*

*Konzept H3*Konzept H3): Verbindung verschiedener Körper

Ansicht:



*Damit können beispielsweise Gebinde gesichert werden. Die Machbarkeit dieser Lösung ist im einzelnen Fall zu überprüfen. Grössenordnung: wie bei der Umschnürung, Variante Konzept G3.*