

Stadtrechnungshof Wien

Gruppe Sicherheitskontrolle,
Abteilung V - Bauwerke, Verkehr und Energie
DI René Binder, Akad. PA^{WU}

Anforderungen an Bauwerke der Daseinsvorsorge bzw. der kritischen Infrastruktur in Bezug auf Naturkatastrophen



STADTRECHNUNGSHOF
WIEN



XII. EURORAI-KONGRESS UND MITGLIEDERVERSAMMLUNG
*Erfahrungsaustausch im Rahmen der Prüfungen der regionalen Einrichtungen der externen öffentlichen Finanzkontrolle
über den Umgang mit Naturkatastrophen*

2025 10 02

Version 1.10

www.stadtrechnungshof.wien.at

Inhalt

Inhalt

- i** Prüfungsumfelder des StRH Wien
 - Geschichte der ‚Sicherheitskontrolle‘ in Wien
 - Organisatorische und personelle Umsetzung
 - Baurechtliche und bautechnische Grundlagen
- T** Eurocodes: Grundlegende bautechnische Normen
 - Eurocodes: Zuverlässigkeitsniveaus
 - Eurocodes: Einwirkungen auf Tragwerke
- !** Windenergieanlagen – Hochwasser
 - Windenergieanlagen – Wind
 - Müllverbrennungsanlage – Erdbeben
 - Müllverbrennungsanlage – Post failure
 - Speicherbecken Simmering – Starkregenereignis
 - Reichsbrücke – Temperatur



Quelle: StRH Wien;

- i** allgemeine Informationen
- T** Theorie, Grundlagen
- !** Beispiele; **interessante Informationen**

Grundlagen: Prüfungsumfelder des StRH Wien

| Prüfungsumfeld der Finanzkontrolle | Prüfungsumfeld der Sicherheitskontrolle |
|---|--|
| umfasst die Kontrolle der treuhänderischen Verwaltung öffentlicher Mittel nach deren Zweckbestimmung in Verbindung mit den entsprechenden Rechenschafts- bzw. Informationspflichten. | umfasst die Kontrolle des Umganges mit den einzuhaltenden Pflichten bzw. mit den verliehenen Kompetenzen im Hinblick auf das Leben oder die Gesundheit von Menschen in Verbindung mit den entsprechenden Rechenschafts- bzw. Informationspflichten.  |

Quelle: ISSAI 100:2019 Tz. 17 und Tz. 23 sowie Tz. 24; Binder;

| Geprüfte Stellen | Sicherheitskontrollen* |
|--|--|
| Organe • der Gemeinde • des Landes | Vollziehung • behördlicher Aufgaben |
| Unternehmungen | Existenz • ausreichender, • angemessener, • ordnungsgemäßer Sicherheitsmaßnahmen |
| Einrichtungen und Anlagen | |
| * Prüfung im Hinblick auf die Sicherheit des Lebens oder der Gesundheit von Menschen | |

Quelle: § 73c Wiener Stadtverfassung - WStV;

Geschichte der ‚Sicherheitskontrollen‘ in Wien

Ab 1923:

- zunehmende **Bautätigkeit** in Wien
- **StRH Wien** machte **Kontrollen**, die auch **bautechnische Aspekte** beinhalteten
- **Prüfung meist formal**, aber teilweise auch inhaltliche, fachliche Prüfung

1. August 1976:



- **Einsturz der Reichsbrücke** in Wien
- „Geburtsstunde“: **‚Sicherheitskontrollen‘** wird eigenständige Aufgabe
- Nun **auch fachliche Prüfungen!**

Seither:

- viele **‚Sicherheitskontrollen‘** durch den StRH Wien



Quelle: MA 29;



Quelle: MA 29;



Organisatorische und personelle Umsetzung

 65
100%
 StRH Wien
 89
100%

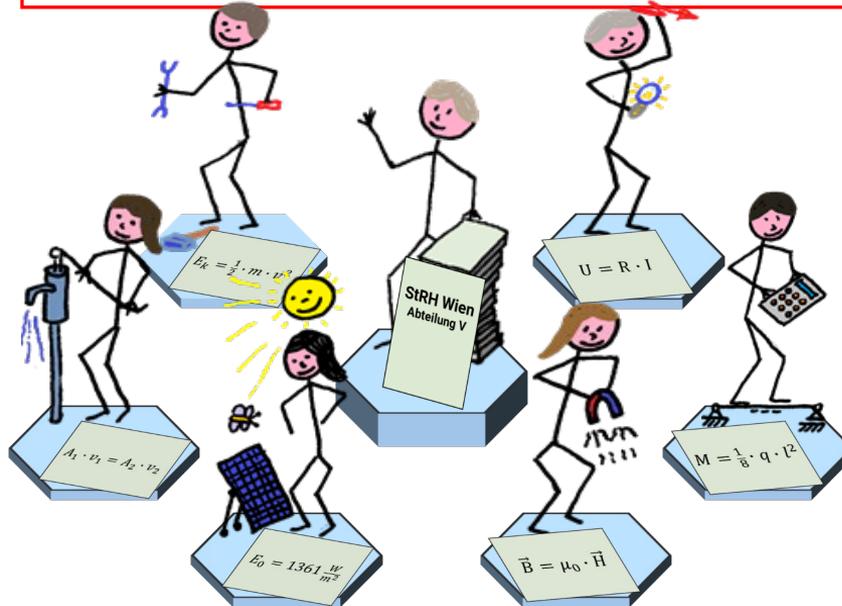
Finanzkontrolle

 21
32,3%
 Sicherheitskontrolle
 43
48,3%

**Behörden und
Kommunaltechnik**

**Beschaffung und
Bauwirtschaft**

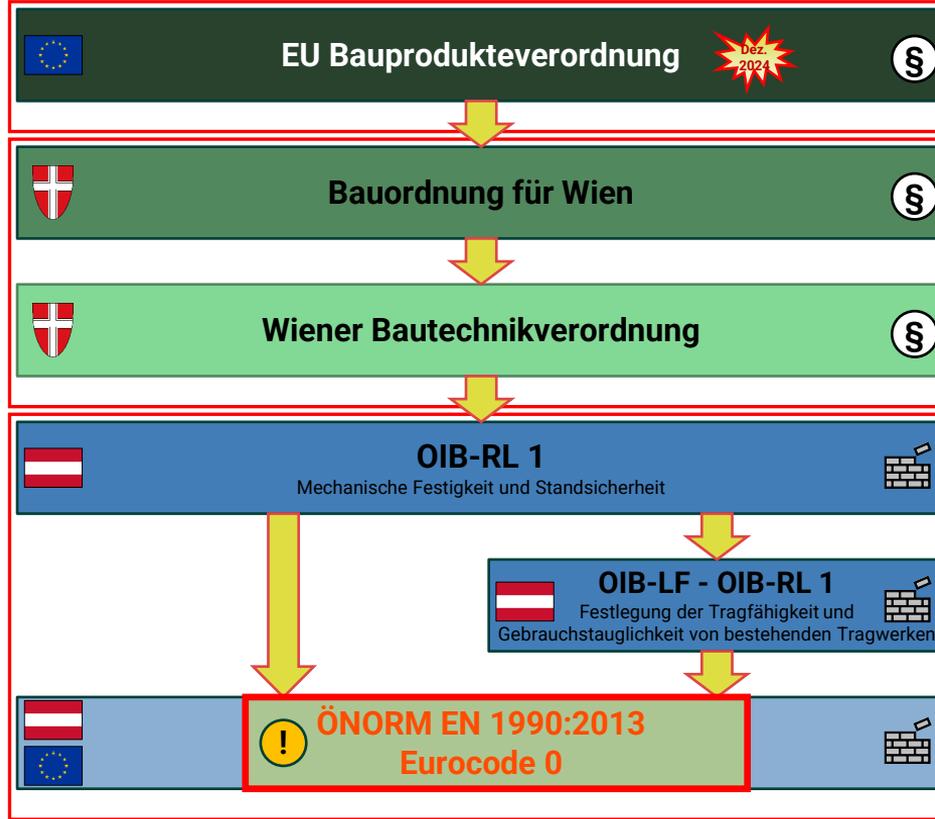
**Bauwerke, Verkehr und
Energie**



- Maschinenbau
- Elektrotechnik
- Bauingenieurwesen: Wasserbau
- Bauingenieurwesen: Tragwerke
- Bauingenieurwesen: Umwelttechnik
- Technische Physik
- ... und zusätzlich:
- Technische Chemie
- Raumplanung und Raumordnung
- Kulturtechnik und Wasserbau
- Rechtswissenschaften
- Veterinärmedizin
- ...



Baurechtliche und bautechnische Grundlagen



Darstellung: StRH Wien; Flaggen: Wikipedia;



Eurocodes: Grundlegende bautechnische Normen

|  Grundlagen der Tragwerksplanung  Einwirkungen auf Tragwerke  Erdbebeeinwirkungen | | | Entwurf, Berechnung und Bemessung ... | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|--|
| | | | ... in der Geotechnik | ... von Stahlbetonbauten | ... von Stahlbauten | ... von Stahl-Beton-Verbundbauten | ... von Holzbauten | ... von Mauerwerksbauten | ... von Aluminiumkonstruktionen | | |
|  EC 0 EN 1990 |  EC 1 EN 1991 |  EC 8 EN 1998 |  EC 7 EN 1997 |  EC 2 EN 1992 |  EC 3 EN 1993 |  EC 4 EN 1994 |  EC 5 EN 1995 |  EC 6 EN 1996 |  EC 9 EN 1999 | | |
| ÖNORM EN 1990 ÖNORM EN 1990/A1 | ÖNORM B 1990-1 ÖNORM B 1990-2 | ÖNORM EN 1998-1 ÖNORM EN 1998-2 ÖNORM EN 1998-3 ÖNORM EN 1998-4 ÖNORM EN 1998-5 ÖNORM EN 1998-6 | ÖNORM B 1998-1 ÖNORM B 1998-2 ÖNORM B 1998-3 ÖNORM B 1998-4 ÖNORM B 1998-5 ÖNORM B 1998-6 | ÖNORM EN 1992-1-1 ÖNORM EN 1992-1-2 ÖNORM EN 1992-2 ÖNORM EN 1992-3 ÖNORM EN 1992-4 | ÖNORM B 1992-1-1 ÖNORM B 1992-1-2 ÖNORM B 1992-2 ÖNORM B 1992-3 ÖNORM B 1992-4 | ÖNORM EN 1994-1-1 ÖNORM EN 1994-1-2 ÖNORM EN 1994-2 | ÖNORM B 1994-1-1 ÖNORM B 1994-1-2 ÖNORM B 1994-2 | ÖNORM EN 1996-1-1 ÖNORM EN 1996-1-2 ÖNORM EN 1996-2 ÖNORM EN 1996-3 | ÖNORM B 1996-1-1 ÖNORM B 1996-1-2 ÖNORM B 1996-2 ÖNORM B 1996-3 | | |
| ÖNORM EN 1991-1-1 ÖNORM EN 1991-1-2 ÖNORM EN 1991-1-3 ÖNORM EN 1991-1-4 ÖNORM EN 1991-1-5 ÖNORM EN 1991-1-6 ÖNORM EN 1991-1-7 ÖNORM EN 1991-2 ÖNORM EN 1991-3 ÖNORM EN 1991-4 | ÖNORM B 1991-1-1 ÖNORM B 1991-1-2 ÖNORM B 1991-1-3 ÖNORM B 1991-1-4 ÖNORM B 1991-1-5 ÖNORM B 1991-1-6 ÖNORM B 1991-1-7 ÖNORM B 1991-2 ÖNORM B 1991-3 ÖNORM B 1991-4 | ÖNORM EN 1997-1 ÖNORM EN 1997-2 | ÖNORM B 1997-1-1 ÖNORM B 1997-1-2 ÖNORM B 1997-1-3 ÖNORM B 4434 ÖNORM B 1997-1-5 ÖNORM B 4431-2 ÖNORM B 1997-2 | ÖNORM EN 1993-1-1 ÖNORM EN 1993-1-2 ÖNORM EN 1993-1-3 ÖNORM EN 1993-1-4 ÖNORM EN 1993-1-5 ÖNORM EN 1993-1-6 ÖNORM EN 1993-1-7 ÖNORM EN 1993-1-8 ÖNORM EN 1993-1-9 ÖNORM EN 1993-1-10 ÖNORM EN 1993-1-11 ÖNORM EN 1993-1-12 | ÖNORM B 1993-1-1 ÖNORM B 1993-1-2 ÖNORM B 1993-1-3 ÖNORM B 1993-1-4 ÖNORM B 1993-1-5 ÖNORM B 1993-1-6 ÖNORM B 1993-1-7 ÖNORM B 1993-1-8 ÖNORM B 1993-1-9 ÖNORM B 1993-1-10 ÖNORM B 1993-1-11 ÖNORM B 1993-1-12 | ÖNORM EN 1995-1-1 ÖNORM EN 1995-1-2 ÖNORM EN 1995-2 | ÖNORM B 1995-1-1 ÖNORM B 1995-1-2 ÖNORM B 1995-2 | ÖNORM EN 1999-1-1 ÖNORM EN 1999-1-2 ÖNORM EN 1999-1-3 ÖNORM EN 1999-1-4 ÖNORM EN 1999-1-5 | ÖNORM B 1999-1-1 | | |
| Produkte allgemein: | | | Ausführung ... (Auszug der wichtigsten Normen) | | | | | | | | |
| ETAGs European Technical Approval Guideline; Leitlinien für die europäische technische Zulassung ETAs European Technical Approval; Europäische Technische Zulassung; | | | ... von Stahlbetonbauten ÖNORM EN 13670; ÖNORM B 4704; | | ... von Stahl-Beton-Verbundbauten ÖNORM EN 13670; ÖNORM B 4704; ÖNORM EN 1090-x; | | ... von Stahlbauten ÖNORM EN 1090-x; | | | ... von Aluminiumkonstruktionen ÖNORM EN 1090-x; | |

Darstellung: StRH Wien;

Quelle, Darstellung: Eurocodes - Austrian Standards; Eurocodes: Building the future;

7 | Anforderungen an Bauwerke der Daseinsvorsorge bzw. der kritischen Infrastruktur in Bezug auf Naturkatastrophen



Eurocodes: Zuverlässigkeitsniveaus

|  Versagensfolgeklasse Schadensfolgeklasse | Teil- klasse | ! Einschätzung der Versagensfolgen | | Bezugszeitraum 1 Jahr | | | Bezugszeitraum 50 Jahre | | |
|--|-----------------|---|--|--------------------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|
| | | ! Verlust von Menschenleben oder Verletzung von Personen | Wirtschaftliche, soziale oder umweltbezogene Versagensfolgen | β_1 | $P_{f,1}$ | $1: P_{f,1}$ | β_{50} | $P_{f,50}$ | $1: P_{f,50}$ |
| CC4 neu Höchste Versagensfolge | - - | Extrem | Enorm | | | | | | |
| CC3 Höhere Versagensfolge | B A | | | Hoch | Sehr stark | 5,2 | 0,000 000 100 | 10.035.701 | 4,3 |
| CC2 Normale Versagensfolge | B A | Mäßig | Beträchtlich | 4,7 | 0,000 001 301 | 768.753 | 3,8 | 0,000 072 348 | 13.822 |
| CC1 Geringere Versagensfolge | - - | Gering | Geringfügig | 4,2 | 0,000 013 346 | 74.930 | 3,3 | 0,000 483 424 | 2.069 |
| CC0 neu Geringste Versagensfolge | - - | Sehr gering | Unbedeutend | | | | | | |

Quelle: ÖNORM prEN 1990:2021 Tabelle 4.1 (NDP) und Tabelle C.3 (NDP);

β Zuverlässigkeitsindex

$$P_f = \Phi(-\beta) \text{ bzw. } \beta = -\Phi^{-1}(P_f)$$

P_f Versagenswahrscheinlichkeit

ÖNORM prEN 1990:2021 Formel (C.5)



Eurocodes: Einwirkungen auf Tragwerke

| | | | |
|---|---|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau | <ul style="list-style-type: none"> • Wind  | <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrslasten auf Brücken  |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Brandeinwirkungen | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur  | <ul style="list-style-type: none"> • Lasten bei Kranen, Maschinen |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Schnee | <ul style="list-style-type: none"> • Bauausführung | <ul style="list-style-type: none"> • Lasten bei Silos und Flüssigkeitsbehälter |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Außergewöhnliche Einwirkungen | |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Hochbauten | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Bestandsbauwerken | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Gründungen und Stützbauwerken |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Brücken | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Silos, Tankbauwerken, Rohrleitungen | <ul style="list-style-type: none"> • Erdbeben bei Türmen, Masten und Schornsteinen  |

Darstellung: StRH Wien;

Windenergieanlagen – Hochwasser

Windenergieanlagen

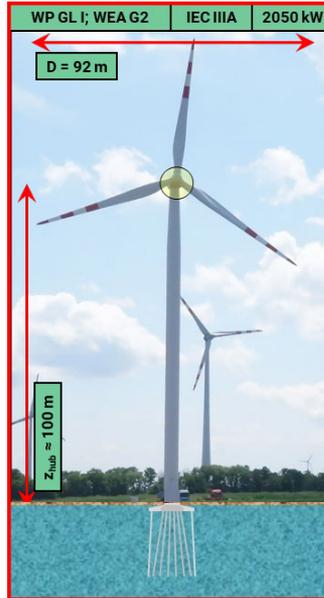
(WEA) bestehen aus:

- Turm; Höhe z_{hub}
- Gondel, Maschinenhaus
- Rotor; Durchmesser D
- Fundament

Das **Fundament muss Einwirkungen** (z.B.: aus Eigengewicht, Wind, ...) **aufnehmen und** in den tragfähigen Untergrund **ableiten**.

Neben der **Bodenart** ist auch der Einfluss des **Wassers** wichtig:

- Wasser beeinflusst u.a. die geotechnischen Bodenparameter.
- Verlust der Lage-sicherheit als Folge von hydraulischem Auftrieb.

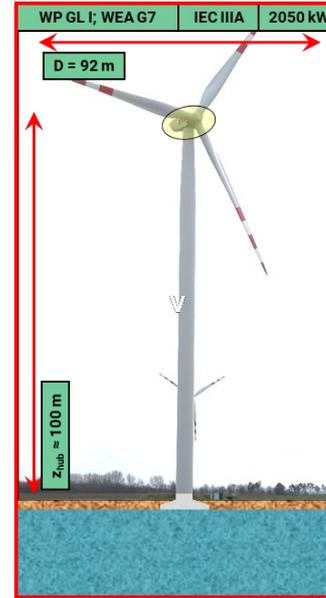


Darstellung: StRH Wien;

Pfahlgründung

- Kreuzförmige Platte
- 24 Pfähle
- Auftriebssicher

Problem: Statt 24 nur 20 Pfähle



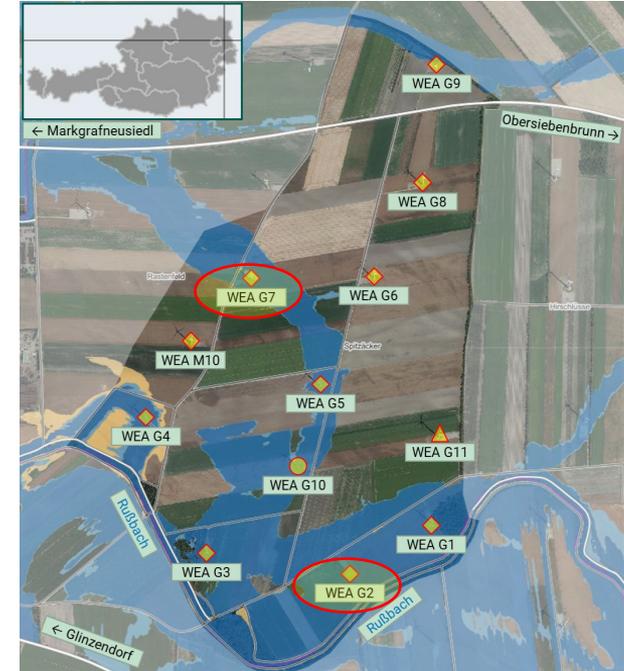
Darstellung: StRH Wien;

Flachgründung

- Kreisförmige Platte
- Auftrieb nicht berücksichtigt

Problem: Hochwasserbereich

Windpark Glinzendorf (Niederösterreich)



Quelle: StRH Wien; HORA;

- Mittlere Gefährdung: Überflutung bei 100-jährlichem Hochwasser möglich
- Hohe Gefährdung: Überflutung bei 30-jährlichem Hochwasser möglich



Windenergieanlagen – Wind

Windenergieanlagen werden in WEA-Klassen eingeteilt:

| WEA-Klasse | | I | II | III |
|------------|-----------------|------|------|------|
| | V_{ref} [m/s] | 50,0 | 42,5 | 37,5 |
| A+ | I_{ref} [1] | | 0,18 | |
| A | I_{ref} [1] | | 0,16 | |
| B | I_{ref} [1] | | 0,14 | |
| C | I_{ref} [1] | | 0,12 | |

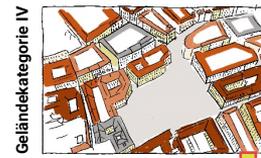
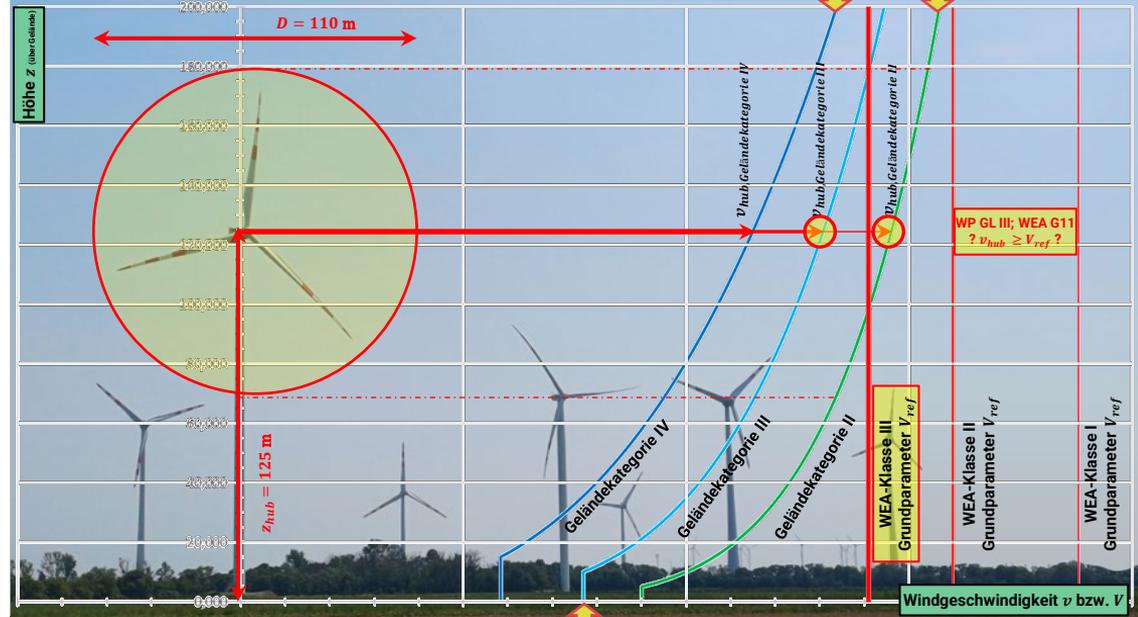
Quelle: OVE EN IEC 61400-1:2020-01-01;

Wesentlich für die Einteilung ist (u.a.) die **Windgeschwindigkeit auf der Höhe der Rotornabe** (v_{hub}).



Quelle: StRH Wien;

11 | Anforderungen an Bauwerke der Daseinsvorsorge bzw. der kritischen Infrastruktur in Bezug auf Naturkatastrophen



Problem:

- WEA eingestuft als IEC S(IIIA) ...
- ... Geländekategorie III verwendet

Darstellungen: RENATENTWURF (2025 09 00): <https://www.renatentwurf.at/>;

StRH Wien;

Quelle:



Müllverbrennungsanlage – Erdbeben

Müllverbrennungsanlage Flötzersteig

(älteste thermische Abfallverwertungsanlage Österreichs)

Kennwerte Müllverbrennungsanlage:

- Abfallverwertung: 200.000 to/a
- Thermische Leistung: 51 MW (Fernwärme)

Historie (Auszug):

- 1959 bis 1963 errichtet
- ...
- 1991 bis 1993 Erneuerung
- 1993 alter Stahlbetonschornstein durch **Stahlschornstein** ersetzt
- ...

Kennwerte Schornstein:

- Höhe: 100 m
- Äußeres Rohr: Tragrohr
- Inneres Rohr: ein Rohr für Abgase

Statische Nachweise für Schornstein:

- Berechnungen der Herstellerfirma
generelle statische Nachweise des Schornsteins
- Berechnung eines Ziviltechnikers
standortspezifische statische Nachweise für den Schornstein



Quelle: StRH Wien;

Problem:



- Bei **statischen Nachweisen** wurde zwar Windeinwirkung, aber **keine Erdbebeneinwirkung** berücksichtigt.
- Bei Erdbebennachweisen ist das Schwingungsverhalten wesentlich. **Schornsteine** sind **schwingungsanfällig**.

Zum **Zeitpunkt der Errichtung** des Schornsteins (1993) **gültige Normen:**

- **ÖNORM B 4015-1:1979**
„Belastungsannahmen im Bauwesen, Erdbebenkräfte an nicht schwingungsanfälligen Bauwerken“
- ~~**ÖNORM B 4015-2:19xx**~~
„Belastungsannahmen im Bauwesen, Erdbebenkräfte an schwingungsanfälligen Bauwerken“

! Die Norm wurde nie veröffentlicht !

Quelle: Lanz Gerald (2007): „Kraftbasierte Bemessung erdbebenbeanspruchter Mauerwerksbauten auf der Grundlage von Eurocode 8“: Kap. 2.2.1

Erst 1999 wurde eine entsprechende **Erdbebennorm veröffentlicht:**

- **ÖNORM B 4015-2:1999**
„Belastungsannahmen im Bauwesen, Außergewöhnliche Einwirkungen, Erdbebeneinwirkungen, Berechnungsverfahren“

Müllverbrennungsanlage – Post failure

Wie verhält sich das Bauwerk nach dem Eintritt eines Schadensereignisses?

z.B.: wichtig bei lebenswichtiger Infrastruktur, Katastrophenschutz, ...

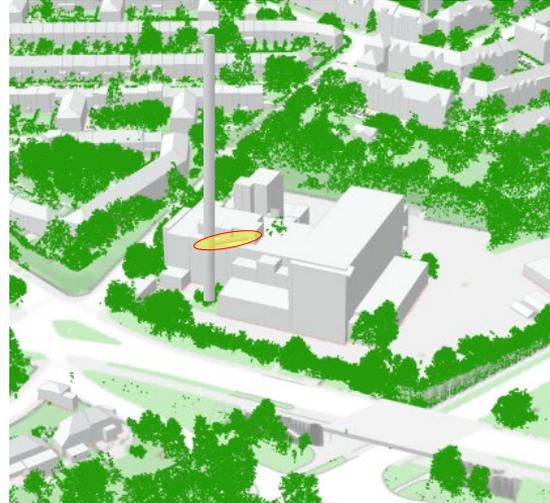
- Der **Eurocode 0** kennt **Grenzzustände**:
Zustand, bei dessen Überschreitung das Tragwerk die maßgeblichen Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt.
Quelle: ÖNORM prEN 1990:2021 Abschnitt 3.1.2.14;
Beispielsweise gibt es Grenzzustände der:
 - **Tragfähigkeit (ULS)** (en.: Ultimate Limit State)
 - **Gebrauchstauglichkeit (SLS)** (en.: Serviceability Limit State)
- **Grenzzustände** und zugehörige **Erdbebenauswirkung** nach dem Eurocode 8:
 - **Quasiversagen (NC)** (en.: near collapse)
Bauwerk schwer beschädigt (ULS);
 - **wesentlichen Schädigung (SD)** (en.: significant damage)
Bauwerk wesentlich beschädigt (ULS);
Instandsetzung möglich, aber unwirtschaftlich;
 - **Schadensbegrenzung (DL)** (en.: damage limitation)
Bauwerk nur leicht beschädigt (SLS);
Reparatur wirtschaftlich möglich;
 - **volle Betriebsfähigkeit (OP)**  (en.: fully operational)
Bauwerk nur leicht beschädigt (SLS);
Reparatur wirtschaftlich möglich;

(en.: fully operational)



Fortlaufender Betrieb möglich; An ,Betrieb' anzupassen!

Quelle: ÖNORM prEN 1998-1-1:2022 Abschnitt 4.3 Absatz (1);



Quelle: StRH Wien;

- Rohranschluss an:
 - ‚starres‘ Kesselhaus und ...
 - ... ‚flexiblen‘ Schornstein
- event. schon **OP maßgeblich**

Quelle: MA41 – Stadtvermessung; Skizze: StRH Wien;

Erdbebeneinwirkung: NC > SD > DL > OP

In Österreich meist ‚nur‘ SD nachgewiesen.

Quelle: ÖNORM EN 1998-3:2013 Abschnitt 2.1 iVm

ÖNORM B 1998-3:2018 Abschnitt 6.1.1;

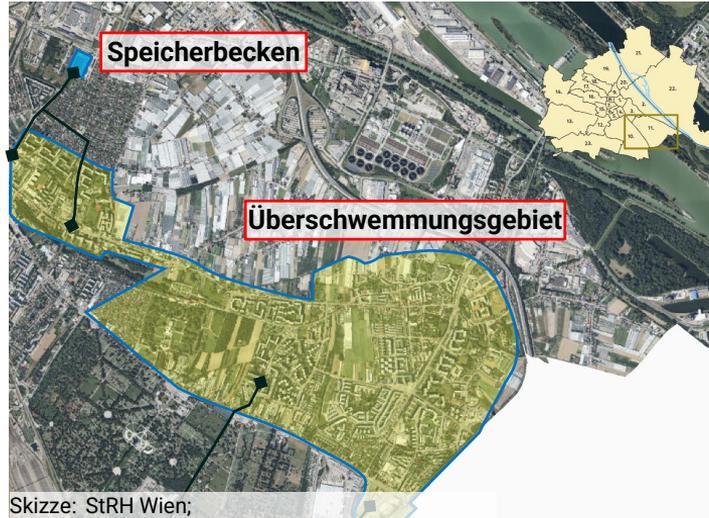


| CC3-b | | DL | | | | SD | | | | NC | | | |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| CC3-a | | DL | | | | SD | | | | NC | | | |
| CC2 | | DL | | | | SD | | | | NC | | | |
| CC1 | | DL | | | | SD | | | | NC | | | |
| T_R | [a] | 100 | 115 | 125 | 140 | 275 | 475 | 500 | 700 | 1.000 | 1.350 | 2.500 | 5.000 |
| γ_{iscc} | [1] | 0,60 | 0,60 | 0,65 | 0,65 | 0,85 | 1,00 | 1,00 | 1,15 | 1,30 | 1,40 | 1,70 | 2,20 |
| $p_{für_1}$ | [%] | 39,35 | 35,26 | 32,97 | 30,03 | 16,62 | 9,99 | 9,52 | 6,89 | 4,88 | 3,64 | 1,98 | 1,00 |

Quelle: ÖNORM prEN 1998-1-2:2023 Abschnitt 4.2 Tabelle 4.3 (NDP) und Tabelle 4.4 (NDP); $t=50a$;
STADTRECHNUNGSHOF WIEN

Speicherbecken Simmering – Starkregenereignis

- Nach starken Regenfällen:
öfter **Überflutungen** im 11. Bezirk (Wien, Simmering)



Skizze: StRH Wien;
Quelle: Wien Kanal; MA41 – Stadtvermessung;

Speicherbecken:

- Halle: unterirdisch, wasserdicht
- Abmessung: 91 m x 46 m
- Material: Stahlbeton
- Volumen: 28.500 m³ (+ 6.000 m³ Kanäle)
- Pumpen: 3 x 600 l/s (Ausbaustufe: 3 x 1.800 l/s)



Quelle: StRH Wien;

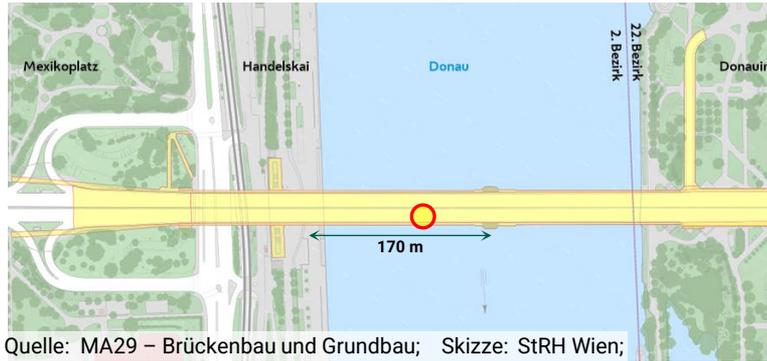
Regenereignis:

- Jährlichkeit: 10 Jahre
- Regendauer: 60 Minuten

Problem:

- **Auftriebssicherheit (zu) gering**
- **Bewährung Träger (zu) gering**

Reichsbrücke – Temperatur



Quelle: MA29 – Brückenbau und Grundbau; Skizze: StRH Wien;

Reichsbrücke:

- Errichtung: 1978 bis 1980
- Querschnitt: zwei (symmetrische) Hohlkastenquerschnitte
- zwei Nutzungsebenen:
U-Bahnverkehr; Straßenverkehr; Fußgängerverkehr; Infrastrukturleitungen, ...
- Spannbetonbrücke (mit mehreren Abschnitten)
längste Spannweite 170 m

Vorspannung (mit Vorspanngliedern):

- Die **Vorspannung** stellt sicher, dass **nur Druckkräfte im Beton** vorhanden sind.
- Bei Verlust der Vorspannung entstehen **Zugkräfte** im Beton und somit auch **Risse**. Die **Tragfähigkeit** kann **sinken**.

Prüfung StRH Wien 2016:

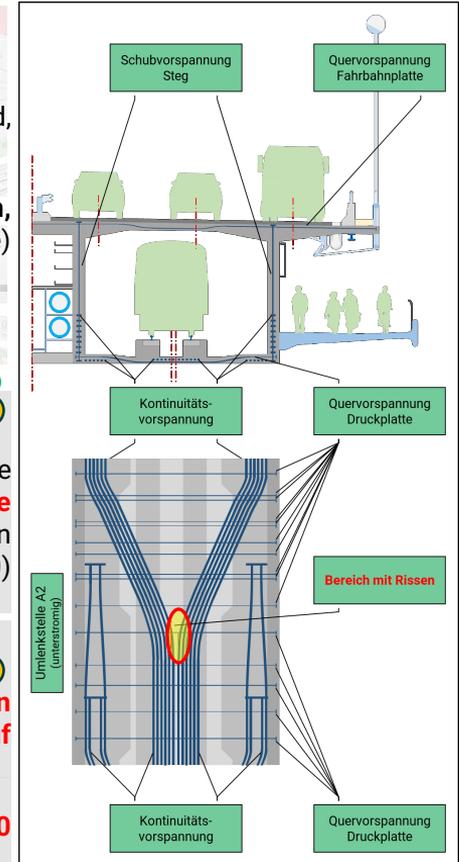
- **Vorspannung** thematisiert
- **MA29 – Brückenbau und Grundbau:**
Solange **keine Risse** vorhanden sind, ist **volle Vorspannung** gegeben.
- **StRH Wien:**
Es wurde u.a. empfohlen zu **klären**, **ob bei Rissen** (in der Betonzugzone) **Tragfähigkeit** noch gegeben ist.

Nach der Prüfung:

- **Gutachten 2016:**
Tragfähigkeit: OK (Ankündigung vor Versagen)
- **2019: MA29 stellt Risse fest** ⚠
- **Gutachten 2021 zu Rissen:**
Rissursache ist, dass für die Hohlkastenkonstruktion **keine Temperaturunterschiede** bei den ursprünglichen Nachweisen (1980) **berücksichtigt** wurden.

Nachprüfung StRH Wien 2022:

- **StRH Wien:** ⚠
Die Nachweise **berücksichtigten keine Menschenansammlungen auf der Brücke** (gemäß Eurocode 1).
- **Vienna City Marathon:**
Start vor der Brücke mit über **35.000 Teilnehmenden** (jährlich seit 1984).



Quelle: MA29 – Brückenbau und Grundbau; Skizze: StRH Wien;

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit ...

DI René Binder, Akad. PA^{WU}

Prüfer, Abteilung Bauwerke, Verkehr und Energie

1082 Wien, Landesgerichtsstraße 10

E-Mail: rene.binder@wien.gv.at

www.stadtrechnungshof.wien.at



Quelle: StRH Wien;