

Bild 53 Untersuchte Betonbauteile im Fitnessraum

	N_d	M_{yd}	M_{zd}	V_{yd}	V_{zd}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
BW1	129	27	97	40	148
BW2	-62	85	234	110	77

Tabelle 34 Schnittgrößen Betonwände Fitnessraum

Wandscheibe BW1

Die vorausgesetzte Bewehrung der Wandscheibe BW1 ist in Bild 54 dargestellt.

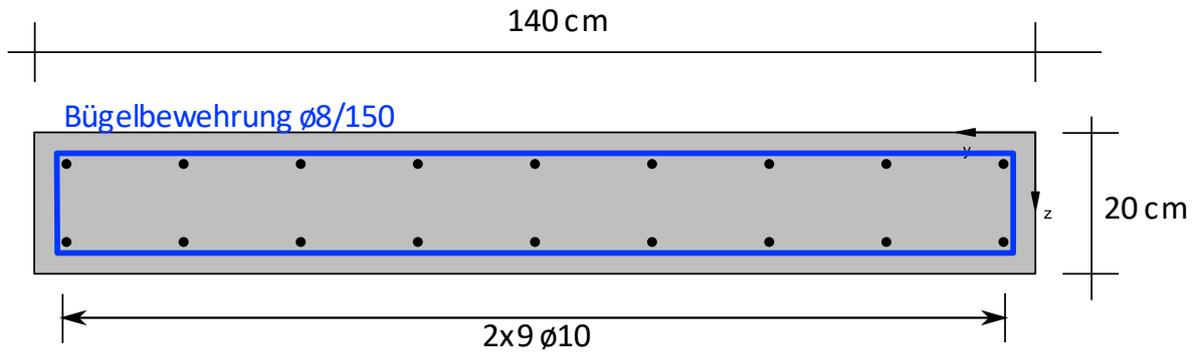


Bild 54 Geschätzte Bewehrung Wandscheibe BW1

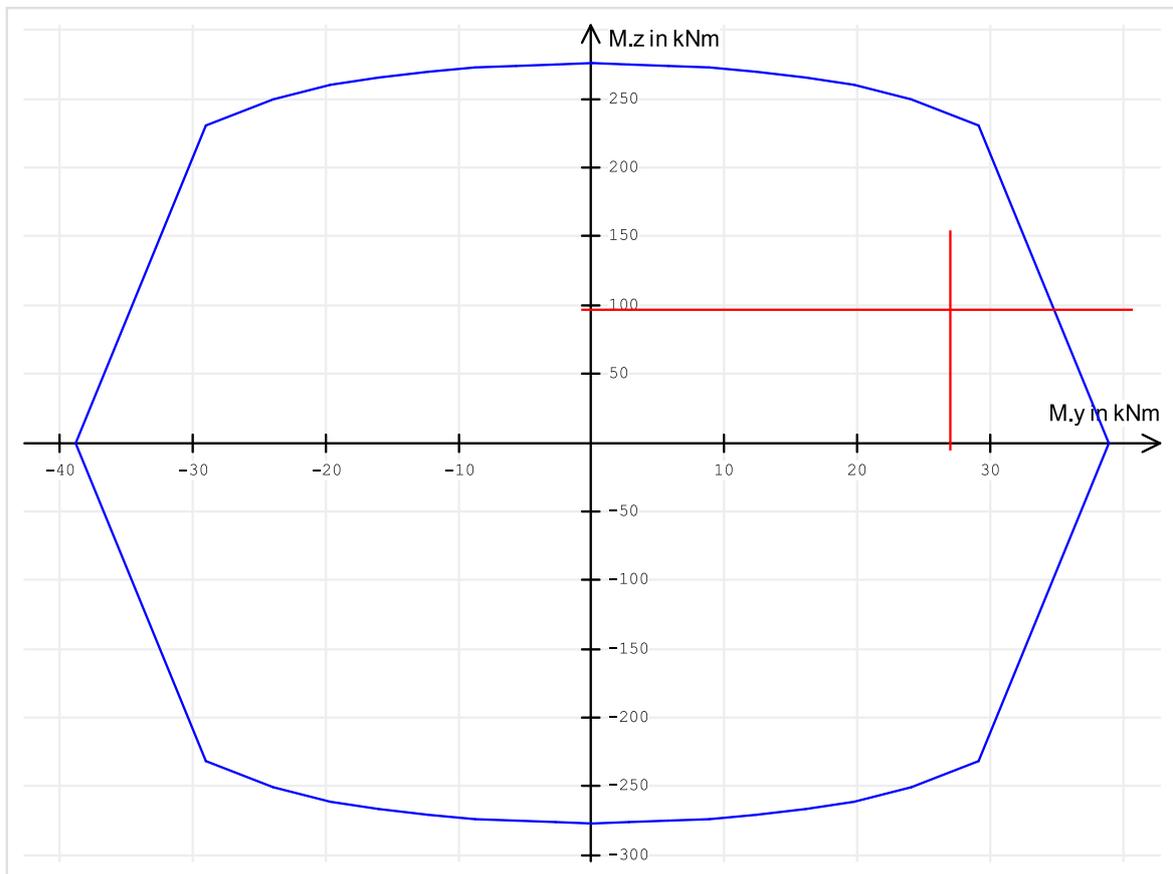


Bild 55 My-Mz-Interaktionsdiagramm Betonwand BW1 Fitnessraum

Die Querschnittsanalyse erfolgt mit dem Programm *INCA 2*. Das Momenteninteraktionsdiagramm in Bild 55 zeigt, dass die Biegetragsicherheit der Wand BW1 unter Voraussetzung der Bewehrung gem. Bild 54 gewährleistet ist. Sollte die tatsächliche Bewehrung kleiner sein als der vorausgesetzte Querschnitt können plastische

Verformungen der Biegebewehrung auftreten. Auf der sicheren Seite liegend, wird der Querkraftwiderstand unter Voraussetzung plastischer Verformungen der Biegebewehrung ermittelt.

Querkraft quer zur Wandscheibe, ohne Querkraftbewehrung:

Querkraftwiderstand ohne Bewehrung $V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d_v L_w = 0.69 \cdot 1.01 \text{ MPa} \cdot 155 \text{ mm} \cdot 1.4 \text{ m}$
 $= 151 \text{ kN} > 40 = V_{yd}$

$$k_d = \frac{1}{1 + \epsilon_v d k_g} = \frac{1}{1 + 0.0029 \cdot 155 \text{ mm} \cdot 1} = 0.69$$

Dehnung $\epsilon_v = 1.5 \frac{f_{sd}}{E_s} = 1.5 \cdot \frac{390}{205'000} = 0.0029$

Querkraft längs zur Wandscheibe, Querkraftbewehrung $\phi 8/150$:

Querkraftwiderstand Bewehrung $V_{Rd,s} = a_s z f_{sd} \cot \alpha$
 Voll verankerte zweiseitige Bügel $= 2 \cdot 335 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0.75 \text{ m} \cdot 390 \text{ MPa}$
 $\cdot \cot 40^\circ = 233 \text{ kN} > 148 \text{ kN} = V_{zd}$

Widerstand Betondruckdiagonale $V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$
 $= 0.2 \text{ m} \cdot 0.75 \text{ m} \cdot 0.55 \cdot 18.9 \text{ MPa}$
 $\cdot \sin 40^\circ \cos 40^\circ = 1'560 \text{ kN}$

Wandscheibe BW2

Die vorausgesetzte Bewehrung der Wandscheibe BW2 ist in Bild 56 dargestellt.

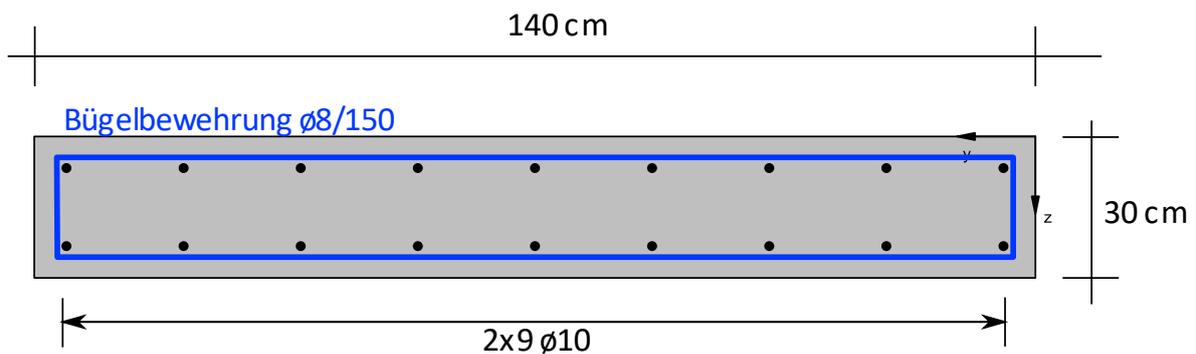


Bild 56 Geschätzte Bewehrung Wandscheibe BW2

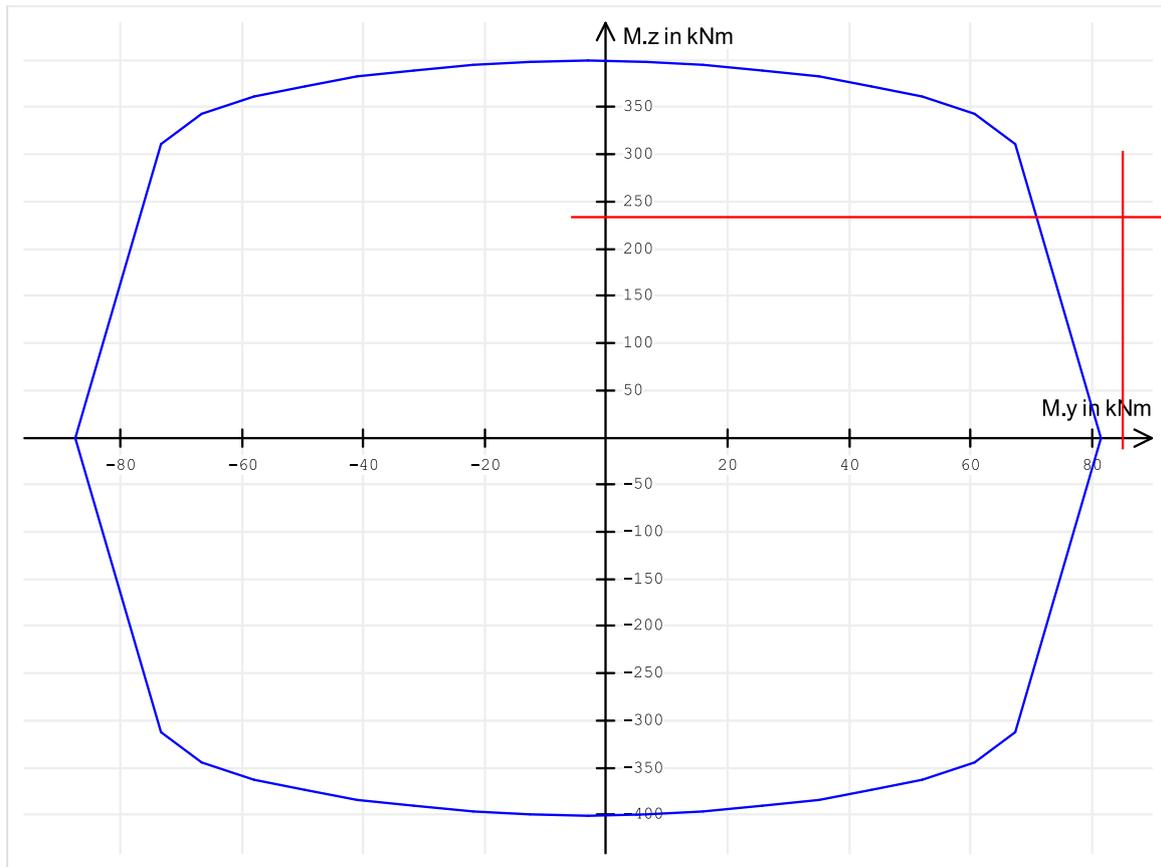


Bild 57 My-Mz-Interaktionsdiagramm Betonwand BW2 Fitnessraum

Die Querschnittsanalyse erfolgt mit dem Programm *INCA 2*. Das Momenteninteraktionsdiagramm in Bild 57 zeigt, dass der Biege­widerstand der Betonwand BW2 unter Voraussetzung der Bewehrung gem. Bild 56 überschritten ist und somit plastische Verformungen auftreten. Durch die Bildung eines plastischen Gelenkes werden die Verformungen des ohnehin schon ungenügend ausgesteiften Gebäudeteils noch grösser, was das Risiko eines Zusammenstossens der unterschiedlichen Gebäudeteile weiter erhöht.

Querkraft quer zur Wandscheibe, ohne Querkraftbewehrung:

Querkraftwiderstand ohne Bewehrung $V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d_v L_w = 0.57 \cdot 1.01 \text{ MPa} \cdot 255 \text{ mm} \cdot 1.4 \text{ m}$
 $= 205 \text{ kN} > 110 = V_{yd}$

$$k_d = \frac{1}{1 + \epsilon_v d k_g} = \frac{1}{1 + 0.0029 \cdot 255 \text{ mm} \cdot 1} = 0.57$$

Dehnung $\epsilon_v = 1.5 \frac{f_{sd}}{E_s} = 1.5 \cdot \frac{390}{205'000} = 0.0029$

Querkraft längs zur Wandscheibe, Querkraftbewehrung $\phi 8/150$:

Querkraftwiderstand Bewehrung	$V_{Rd,s} = a_s z f_{sd} \cot \alpha$
Voll verankerte zweischnittige Bügel	$= 2 \cdot 335 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0.75 \text{ m} \cdot 390 \text{ MPa}$ $\cdot \cot 40^\circ = 233 \text{ kN} > 77 \text{ kN} = V_{zd}$
Widerstand Betondruckdiagonale	$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$ $= 0.3 \text{ m} \cdot 0.75 \text{ m} \cdot 0.55 \cdot 18.9 \text{ MPa}$ $\cdot \sin 40^\circ \cos 40^\circ = 2'340 \text{ kN}$

8.7.2 Stahlbetonstützen

Stütze Untergeschoss Achse S zwischen 12 und 13

Der Querschnitt dieser Stütze hat Abmessungen von 52 x 30 cm. Als Längsbewehrung werden 2x5 $\phi 12$, und als Bügelbewehrung $\phi 8$, $t = 15$ cm, vorausgesetzt. Die Schnittgrößen am eingespannten Stützenfuss sind in Tabelle 35 aufgelistet. Bild 58 zeigt das Momenteninteraktionsdiagramm dieser Stütze. Auch hier ist der Biege-
 widerstand überschritten.

	N _d	M _{yd}	M _{zd}	V _{yd}	V _{zd}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Stütze UG, S12-13	-219	20	200	12	93

Tabelle 35 Schnittgrößen untersuchte Stütze Garderobe

Querkraft V_y, Querkraftbewehrung $\phi 8/150$:

Querkraftwiderstand Bewehrung	$V_{Rd,s} = a_s 0.9d f_{sd} \cot \alpha$
Voll verankerte zweischnittige Bügel	$= 2 \cdot 335 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0.9 \cdot 0.26 \text{ m} \cdot 390 \text{ MPa}$ $\cdot \cot 40^\circ = 72 \text{ kN} > 12 \text{ kN} = V_{yd}$

Querkraft V_y, Querkraftbewehrung $\phi 8/150$:

Querkraftwiderstand Bewehrung	$V_{Rd,s} = a_s 0.9d f_{sd} \cot \alpha$
Voll verankerte zweischnittige Bügel	$= 2 \cdot 335 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0.9 \cdot 0.26 \text{ m} \cdot 390 \text{ MPa}$ $\cdot \cot 40^\circ = 72 \text{ kN} < 93 \text{ kN} = V_{yd}$

Der Widerstand der Betondruckdiagonale ist nicht massgebend.

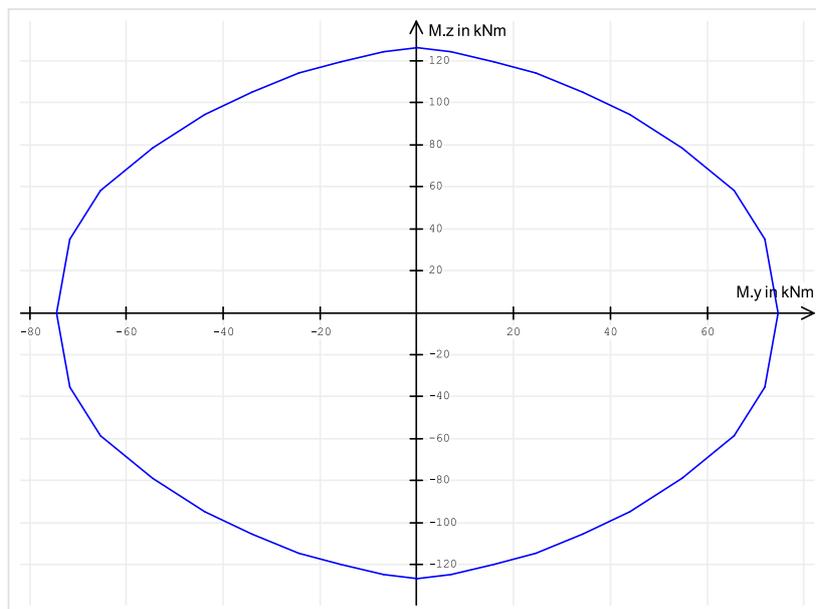


Bild 58 My-Mz-Interaktionsdiagramm

8.7.3 Mauerwerkswände

Im UG befinden sich nebst den Mauerwerkswänden auch noch Stützen welche unter den Stützen des Erdgeschosses stehen. Diese Stützen übernehmen einen Grossteil der vertikalen Lasten und somit ist die Normalkraftbelastung der Mauerwerkswände relativ gering. Aus diesem Grund können die Mauerwerkswände, mit Ausnahme der langen Wand in Achse 16, kaum horizontale Kräfte quer zum Gebäudeteil (Nord-Süd-Richtung) aufnehmen. Es sind Massnahmen angezeigt, um die horizontale Aussteifung in Nord-Süd-Richtung zu erhöhen.

8.7.4 Decken und Unterzüge

Die Tragsicherheit der Decken und Unterzüge ist in der Überprüfungssituation Erdbeben nicht massgebend.

9 Büro und Heizung

9.1 Geometrie

In der Ecke zwischen Schwimmbadgarderoben und Eingangshalle befindet sich der Gebäudeteil mit Büros und einer Wohnung im EG (vgl. Bild 59) und der Heizung im UG. Dieser Gebäudeteil, welcher mit 1 cm breiten Dilatationsfugen vom restlichen Gebäude abgetrennt ist, hat einen rechteckigen Grundriss von 15 x 20 m. Die Decke über EG bildet die Dachfläche, der Kamin in der östlichen Ecke des Innenhofs ragt rund 6 m über diese Dachfläche hinaus.

Die Terrainhöhe nördlich des Gebäudeteils liegt auf der Höhe Boden UG, auf der westliche Seite auf Höhe Boden EG.



Bild 59 Untersucher Gebäudeteil Büro und Heizung Dilatationsfugen (grün markiert)

9.2 Konstruktive Durchbildung

Da es sich um ein gemischtes Tragsystem (Stahlbeton- und Mauerwerksbauweise) (vgl. SIA 269/8, 4.2.2) handelt, gilt der tiefere Verhaltensbeiwert $q = 1.5$ für Mauerwerk SIA 266 [10].

Es ist nicht bekannt, wie die Fuge zwischen den Mauerwerkswänden und den Stahlbetondecken ausgebildet ist, resp. ob und in welchem Masse Kräfte längs zur Wand übertragen werden können. Für die nachfolgenden Untersuchungen wird von einer steifen Verbindung und Kraftübertragung zwischen Mauerwerkswand und Stahlbetondecke ausgegangen.

9.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung erfolgt an einem kombinierten Stab- Schalenmodell mit der FE-Software AxisVM X6. Das Modell ist in Bild 60 dargestellt, die berücksichtigten Stützen und Wände sind in Bild 61 gekennzeichnet.

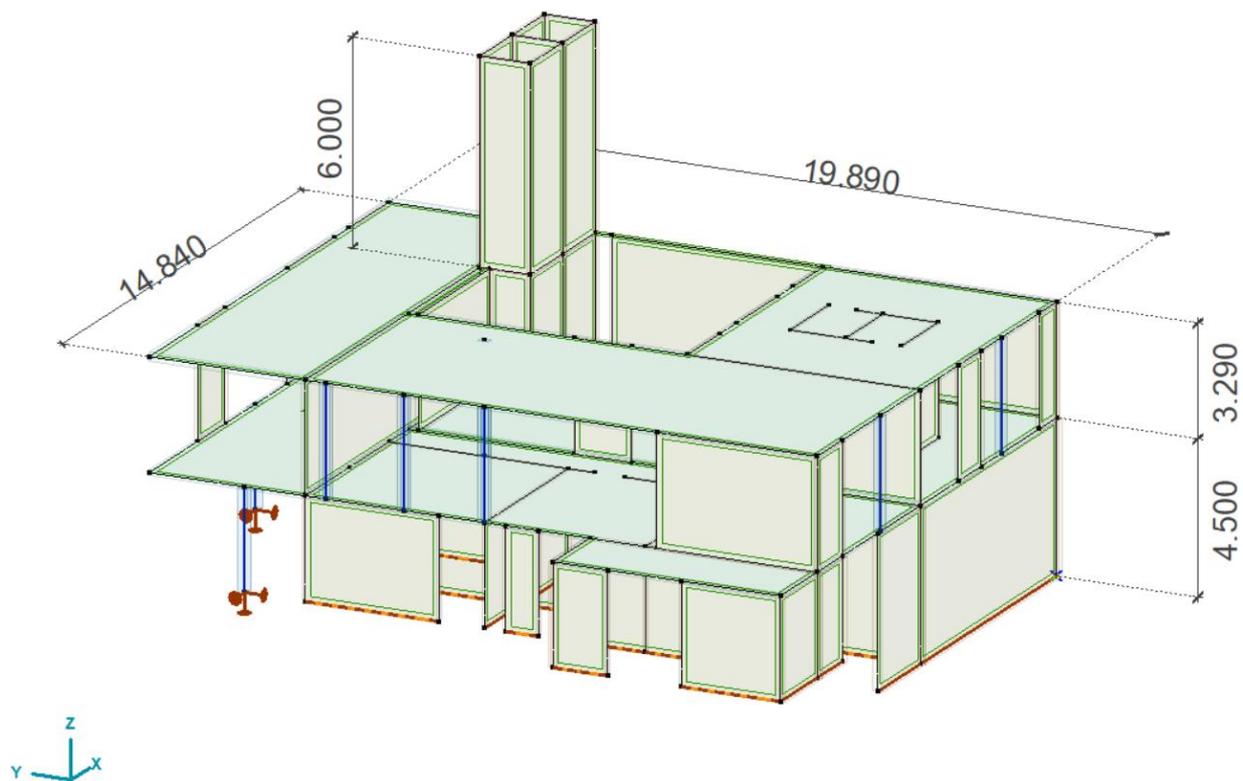


Bild 60 Berechnungsmodell Gebäudeteil Büro

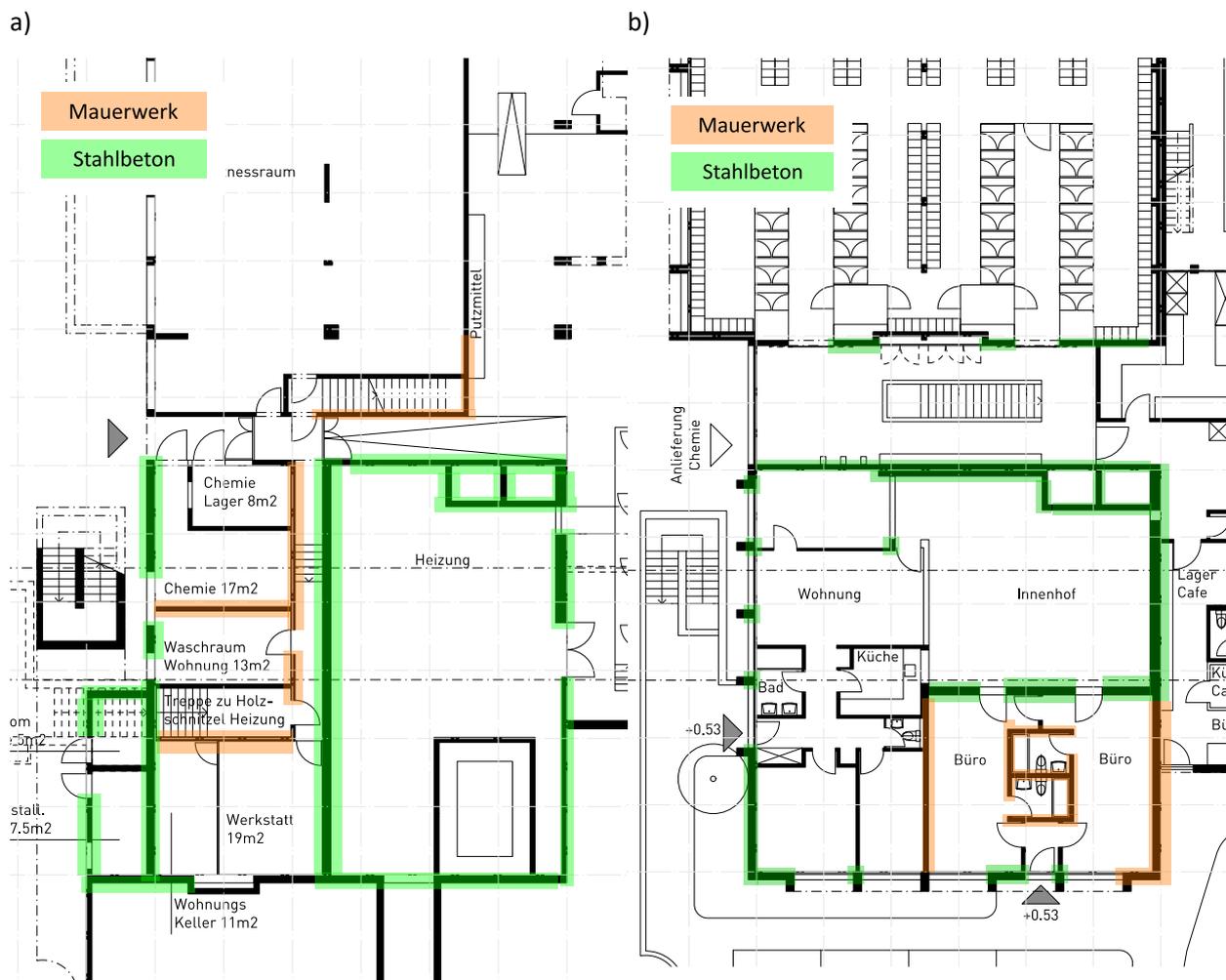


Bild 61 Stützen und tragende Wände im a) Untergeschoss und b) Erdgeschoss

Die Steifigkeitsreduktion der Wände und Stützen erfolgt analog zu Kapitel 7.3.

9.4 Lastdefinitionen

Die Definitionen der Nutzlasten und Auflasten auf Höhe Boden EG sind in Bild 62 dargestellt.

Die Auflast auf dem Dach beträgt $g_{k,AL} = 1.90 \text{ kN/m}^2$. In der Überprüfungssituation Erdbeben sind auf unbegehbaren Dächern keine Nutzlasten zu berücksichtigen.

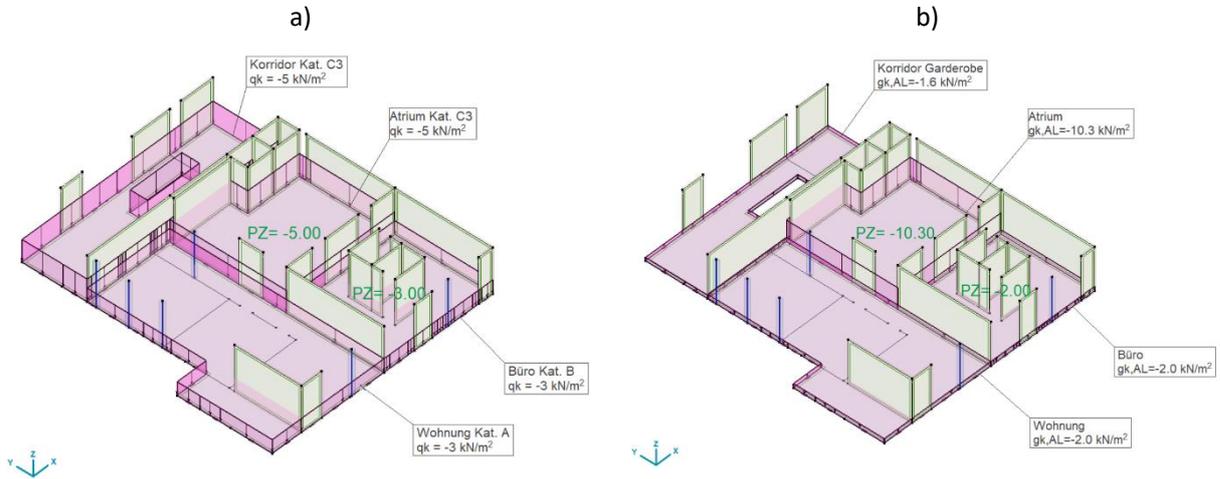


Bild 62 Lastdefinition Büro und Wohnung: a) Nutzlast, b) Auflast

9.5 Überprüfungssituation

Die massgebende Lastkombination für den untersuchten Gebäudeteil ist in Tabelle 36 dargestellt. Die Nutzlasten werden mit dem Reduktionsbeiwert ψ_2 berücksichtigt.

Lastkombination	Eigengewicht	Auflasten	Erdbeben ASV	Nutzlast Kat. C3	Nutzlast Kat. A und B
	$g_{k,EG}$	$g_{k,al}$	A_d	q_k	q_k
LK Beben Büro und Heizung	1.00	1.00	+/- 1.00	0.6	0.3

Tabelle 36 Lastkombination Büro und Heizung

9.6 Antwortspektrumverfahren

9.6.1 Schwingungsanalyse

Für die Schwingungsanalyse werden die ständigen Lasten und die quasiständigen Anteile der Nutzlasten als schwingende Massen mit berücksichtigt. Die massgebenden Eigenformen sind in Bild 63 und Bild 64 dargestellt.

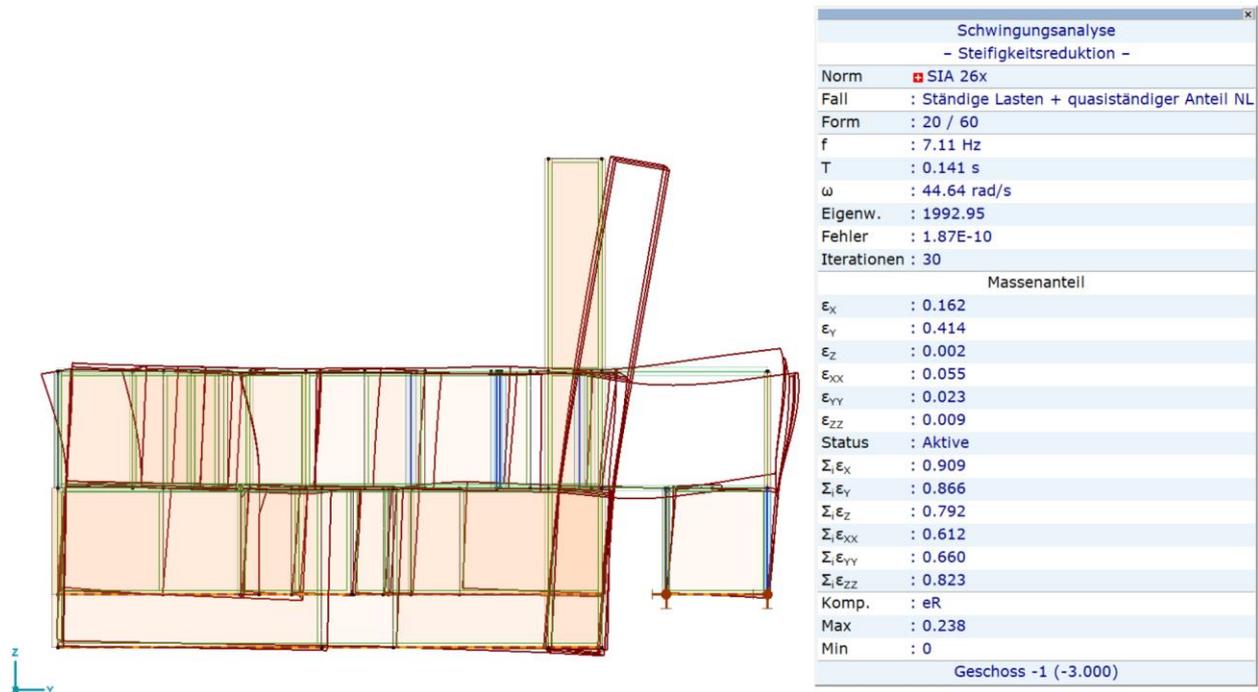


Bild 63 Büro und Heizung: 20. Eigenform in y-Richtung. $T_{20} = 0.141$ s, $f_{20} = 7.11$ Hz, $\epsilon_y = 41.4\%$

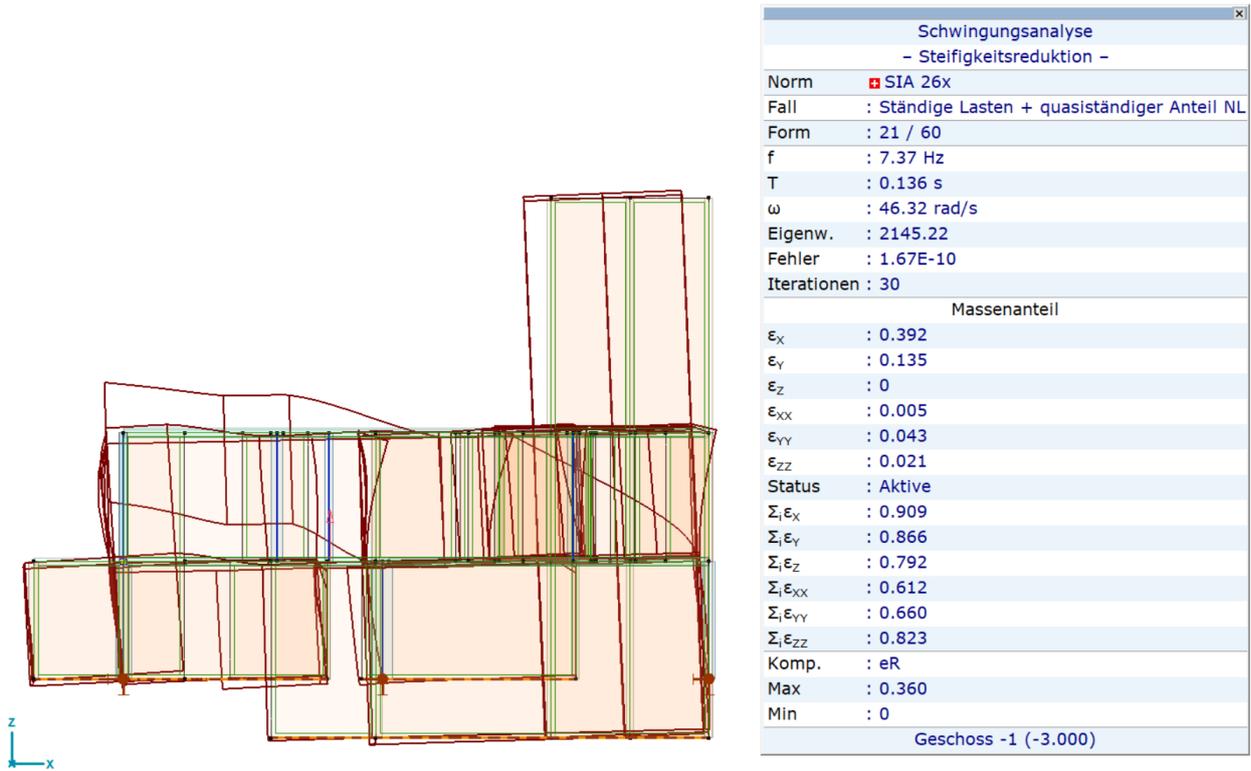


Bild 64 Büro und Heizung: 21. Eigenform in x-Richtung. $T_{21} = 0.136$ s, $f_{21} = 7.37$ Hz, $\epsilon_x = 39.2\%$

9.6.2 Modale Massen

Es werden die ersten 60 Eigenformen berücksichtigt (vgl. Tabelle 37). Die modalen Massenanteile liegen in x-Richtung bei 90%, in y-Richtung bei 87% und in vertikaler Richtung bei 40%. Die nach Norm SIA 261 [6] geforderte Berücksichtigung von mindestens 90% der modalen Massen ist somit in horizontaler Richtung knapp erreicht. Der geringere Anteil in y-Richtung ist auf die relativ grosse Masse der Wände im UG zurückzuführen, welche in den berücksichtigten Eigenformen nicht mitschwingen. Der Einfluss des geringeren Anteils in y-Richtung ist jedoch vernachlässigbar klein. Die vertikale Komponente der Erbebeneinwirkung ist in der vorliegenden Untersuchung von untergeordneter Bedeutung, weshalb der geringere modale Massenanteil akzeptiert wird.

	f [Hz]	T [s]	Fehler	ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_Z	$\Sigma_i \epsilon_X$	$\Sigma_i \epsilon_Y$	$\Sigma_i \epsilon_Z$
1	3.57	0.280	1.43E-10	0.001	0	0	0.001	0	0
2	3.58	0.280	1.45E-10	0	0.004	0	0.001	0.004	0
3	3.58	0.280	1.38E-10	0.002	0	0	0.002	0.004	0
4	4.25	0.235	8.92E-11	0.010	0	0	0.013	0.004	0
5	4.30	0.232	3.20E-11	0.001	0	0	0.014	0.004	0
6	4.31	0.232	2.41E-11	0.002	0	0	0.016	0.004	0
7	4.31	0.232	2.05E-11	0	0.003	0	0.016	0.007	0
8	4.31	0.232	8.76E-11	0	0.003	0	0.016	0.010	0
9	4.31	0.232	6.65E-11	0	0.003	0	0.016	0.013	0
10	4.64	0.215	2.04E-10	0.014	0	0	0.029	0.013	0
11	4.74	0.211	9.51E-11	0	0.002	0	0.029	0.016	0
12	4.94	0.203	2.33E-11	0.003	0	0	0.032	0.016	0
13	5.57	0.179	3.53E-11	0	0	0	0.032	0.016	0
14	6.00	0.167	2.44E-11	0	0	0	0.032	0.016	0
15	6.14	0.163	1.03E-10	0	0	0	0.032	0.016	0
16	6.14	0.163	1.35E-11	0	0	0	0.032	0.016	0
17	6.15	0.163	3.21E-11	0	0	0	0.032	0.016	0
18	6.22	0.161	1.40E-10	0.027	0.037	0.041	0.059	0.053	0.042
19	6.29	0.159	1.07E-10	0.001	0.001	0.005	0.060	0.054	0.046
20	7.11	0.141	1.87E-10	0.162	0.414	0.002	0.222	0.468	0.048
21	7.37	0.136	1.67E-10	0.392	0.135	0	0.614	0.602	0.048
22	7.83	0.128	4.69E-11	0.011	0.006	0.040	0.625	0.608	0.089
23	8.06	0.124	1.37E-10	0.178	0	0.028	0.804	0.608	0.116
24	8.76	0.114	6.80E-12	0	0	0	0.804	0.608	0.116
25	8.85	0.113	2.12E-11	0	0	0	0.804	0.608	0.116
26	8.88	0.113	1.62E-11	0	0	0	0.804	0.608	0.117
27	8.92	0.112	1.03E-11	0	0	0	0.804	0.608	0.117
28	8.99	0.111	2.20E-11	0	0	0	0.804	0.608	0.117
29	9.20	0.109	3.96E-11	0	0.001	0	0.804	0.609	0.117
30	9.32	0.107	1.00E-10	0.001	0.071	0.001	0.805	0.680	0.117
31	9.73	0.103	6.17E-11	0.002	0.005	0	0.807	0.685	0.117
32	9.79	0.102	5.18E-11	0.001	0.001	0.011	0.807	0.686	0.129
33	9.99	0.100	4.39E-11	0.003	0	0.253	0.810	0.686	0.382
34	10.23	0.098	1.05E-11	0	0	0	0.810	0.686	0.382
35	10.74	0.093	1.24E-11	0	0	0	0.810	0.686	0.382
36	10.76	0.093	3.74E-12	0	0	0	0.810	0.686	0.382
37	11.06	0.090	5.06E-11	0.001	0.001	0.042	0.811	0.687	0.424
38	11.61	0.086	1.09E-11	0.001	0	0.001	0.812	0.687	0.425
39	11.79	0.085	1.77E-11	0.005	0	0.007	0.817	0.687	0.432
40	12.79	0.078	3.01E-12	0	0	0	0.817	0.687	0.432
41	13.37	0.075	5.45E-11	0.003	0.135	0	0.820	0.822	0.432
42	13.87	0.072	2.03E-11	0.002	0.001	0.033	0.822	0.824	0.465
43	14.23	0.070	1.09E-11	0.001	0.001	0.008	0.823	0.824	0.473
44	14.40	0.069	6.17E-12	0	0	0	0.823	0.824	0.473
45	15.34	0.065	5.51E-11	0.001	0.002	0.050	0.824	0.827	0.523
46	15.93	0.063	6.56E-9	0	0	0	0.824	0.827	0.523
47	16.05	0.062	1.61E-9	0	0	0	0.824	0.827	0.523
48	17.11	0.058	1.75E-8	0.003	0.004	0.065	0.828	0.831	0.588
49	17.23	0.058	1.61E-8	0.006	0	0.040	0.833	0.831	0.628
50	17.42	0.057	1.91E-8	0.006	0.001	0.004	0.840	0.833	0.632
51	17.48	0.057	6.36E-8	0.001	0.006	0.015	0.840	0.838	0.647
52	17.61	0.057	4.20E-7	0	0	0	0.840	0.838	0.647
53	17.96	0.056	3.87E-7	0.001	0.006	0.032	0.841	0.845	0.679
54	18.24	0.055	1.81E-7	0.014	0.008	0.004	0.855	0.852	0.683
55	18.55	0.054	9.19E-7	0.034	0.004	0.046	0.889	0.856	0.730
56	18.89	0.053	3.67E-5	0	0	0	0.889	0.856	0.730
57	18.94	0.053	2.53E-6	0.003	0.001	0	0.892	0.857	0.730
58	19.05	0.052	3.37E-5	0	0	0	0.892	0.857	0.730
59	19.22	0.052	7.27E-5	0.001	0.003	0.008	0.893	0.860	0.738
60	19.79	0.051	2.14E-5	0.016	0.006	0.054	0.909	0.866	0.792

Tabelle 37 Modale Massen Büro und Heizung

9.6.3 Überprüfungsspektrum

Das Überprüfungsspektrum mit den Schwingzeiten der wichtigsten Eigenformen der Gebäudeteils Büro und- Heizung ist in Bild 65 dargestellt.

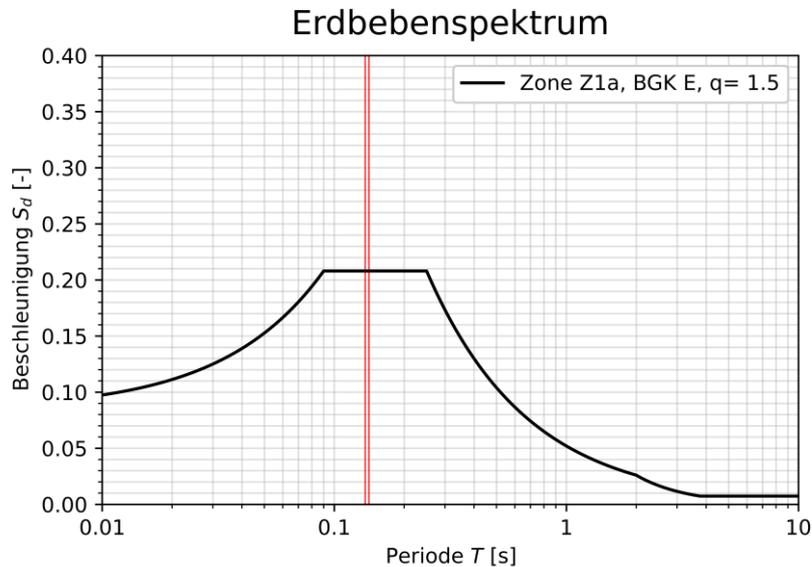


Bild 65 Überprüfungsspektrum Büro und Heizung

9.7 Nachweise der Hauptbauteile

9.7.1 Stahlbetonwände

Der untersuchte Gebäudeteil weist zahlreiche Stahlbetonwände auf. Somit sind die einzelnen Betonwände im Allgemeinen gering beansprucht. Wird analog zu Abschnitt 7.7.1 eine Grundbewehrung von $\varnothing 10$, $t = 15$ cm, vorausgesetzt, kann die Tragsicherheit als gewährleistet beurteilt werden.

9.7.2 Stahlbetonstützen

Die Stützen mit rechteckigem Querschnitt 30 x 20 cm sind geringer beansprucht als die Stützen der Turnhalle. Unter Voraussetzung des selben Bewehrungsgehalt wie in Abschnitt 7.7.2 kann die Tragsicherheit der Stützen ohne weitere Untersuchungen als genügend beurteilt werden. Auch bei einem Ausfall der Stützen sind in diesem Gebäudeteil genügend Wandscheiben vorhanden, welche noch Reserven zum Abtrag der horizontalen Kräfte aufweisen.

9.7.3 Mauerwerkswände

Es ist mit Schäden an einzelnen Mauerwerkswänden zu rechnen. Diese Schäden haben jedoch keinen Einfluss auf die Gesamttragsicherheit des untersuchten Gebäudeteils.

9.7.4 Decken und Unterzüge

Die Decken und Unterzüge sind in der Überprüfungssituation Erdbeben nicht massgebend. Auf Berechnungen zu diesen Bauteilen wird verzichtet.

10 Eingangshalle

10.1 Geometrie

Westlich des Schwimmbeckens befindet sich die Eingangshalle. Zum Schwimmbecken hin befindet sich eine auskragende Empore. Die Eingangshalle hat ohne Empore einen annähernd quadratischen Grundriss mit einer Seitenlänge von 20 m.

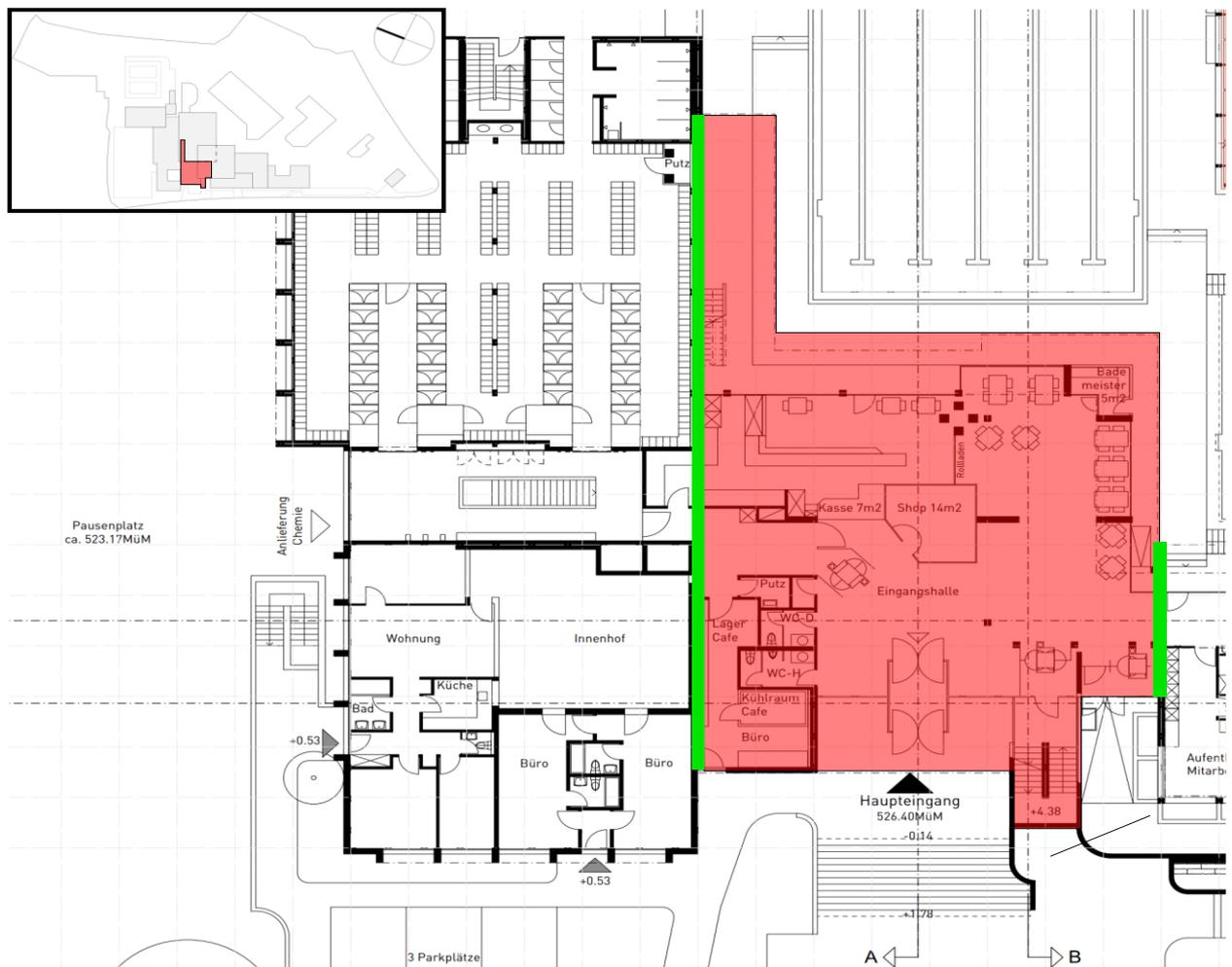


Bild 66 Untersucher Gebäudeteil Eingangshalle (rot markiert) mit Dilatationsfugen (grün markiert)

10.2 Konstruktive Durchbildung

Da es sich um ein gemischtes Tragsystem (Stahlbeton- und Mauerwerksbauweise) (vgl. SIA 269/8, 4.2.2) handelt, gilt der tiefere Verhaltensbeiwert $q = 1.5$ für Mauerwerk SIA 266 [10].

Im Untergeschoss sind zahlreiche tragende Wandscheiben vorhanden. Somit wird der Einspannhorizont auf Höhe Decke über UG angesetzt. Im Bereich der Empore befindet sich im EG eine Betonwand in Achse 16. Diese

Wand ist auf Stützen im UG abgestellt. Auch hier wird auf eine Modellierung der Stützen im UG verzichtet, da sich die Querkräfte der Betonwand über die Decke über UG verteilen können.

Die Stützen im EG sind monolithisch mit der Decke über UG verbunden und werden mit einer entsprechenden Einspannung modelliert.

10.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung erfolgt an einem kombinierten Stab- Schalenmodell mit der FE-Software AxisVM X6. Die Stützen und tragenden Wände, welche im Modell berücksichtigt werden, sind in Bild 67 dargestellt.

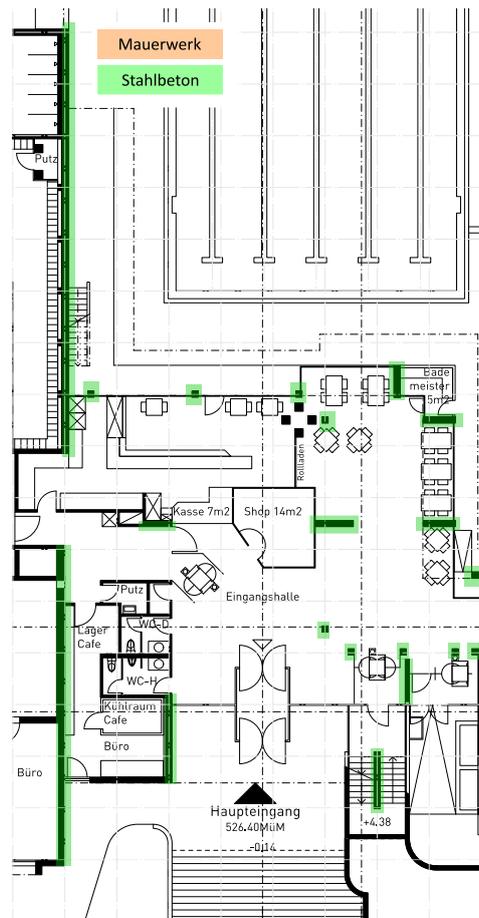


Bild 67 Modellierte Stützen und tragende Wände im Bereich der Eingangshalle (Erdgeschoss)

Die Steifigkeitsreduktion der Wände und Stützen erfolgt analog zu Kapitel 7.3.

10.4 Lastdefinitionen

Die Auflasten im Bereich der Empore und der Eingangshalle zum Saunabereich betragen $g_{k,AL} = 1.9 \text{ kN/m}^2$ und auf dem Dach $g_{k,AL} = 1.6 \text{ kN/m}^2$ (Bild 69a). Die Nutzlast der zugänglichen Zonen beträgt $q_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. C3 gem. SIA 261, Bild 69b).

Wie in Abschnitt 6.7.3 festgehalten, ergibt sich durch die Halterung der Hauptstützen in der Decke über EG eine Krafteinleitung der Hauptstützen in ebendiese Decke. Die Kräfte gem. Tabelle 22 werden wie in Bild 68 dargestellt als Einzelkräfte berücksichtigt. Die Wechselwirkung zwischen der Eingangshalle und der Stahlhalle wird vereinfachend nicht berücksichtigt.

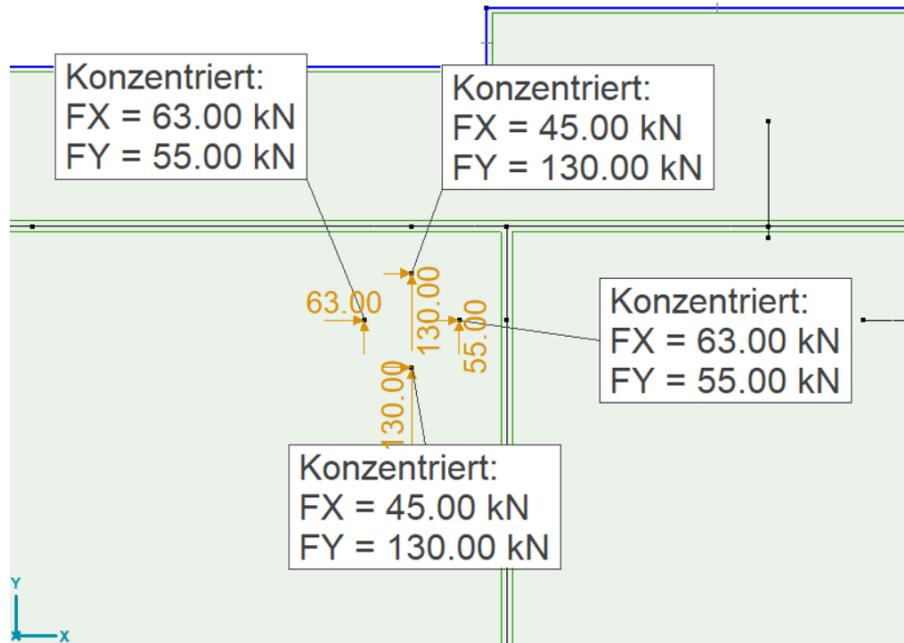
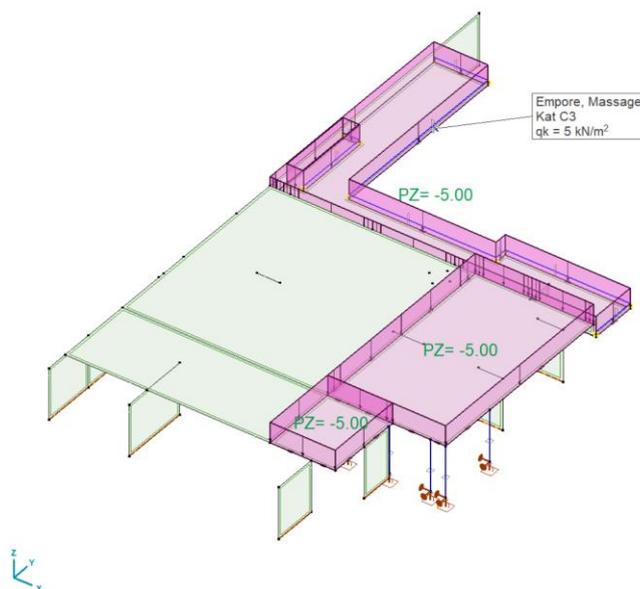


Bild 68 Definition der Krafteinleitung durch die Hauptstützen gem. Tabelle 22.

a)



b)

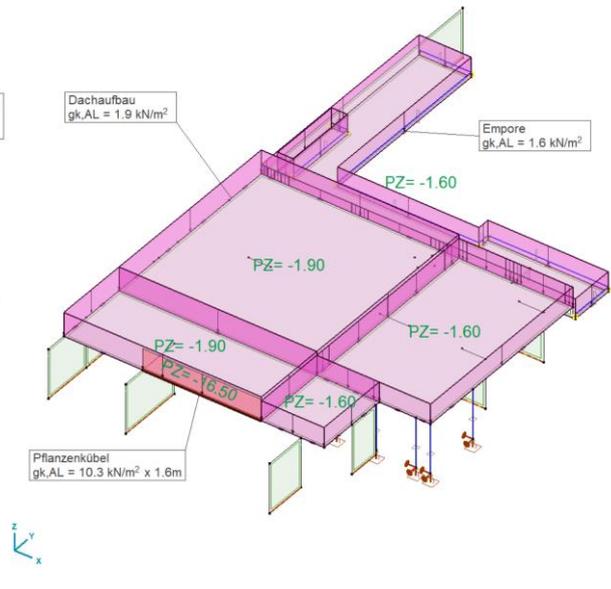


Bild 69 Lastdefinition Decke über EG Eingangshalle: a) Nutzlasten, b) Auflasten

10.5 Überprüfungssituation

Die massgebende Lastkombination für den untersuchten Gebäudeteil ist in Tabelle 38 dargestellt. Die Nutzlasten werden mit dem Reduktionsbeiwert ψ_2 berücksichtigt. Die Kräfte aus den Hauptstützen werden mit den Erdbebenkräften so kombiniert, dass die Auswirkungen eine maximale Grösse annehmen.

Lastkombination	Eigengewicht $g_{k,EG}$	Auflasten $g_{k,al}$	Erdbeben ASV A_d	Nutzlast Kat. C3 q_k	Krafteinleitung aus Hauptstützen
LK Beben Eingangshalle	1.00	1.00	+/- 1.00	0.6	+/- 1.00

Tabelle 38 Lastkombination Eingangshalle

10.6 Antwortspektrumverfahren

10.6.1 Schwingungsanalyse

Für die Schwingungsanalyse werden die ständigen Lasten und die quasiständigen Anteile der Nutzlasten als schwingende Massen mit berücksichtigt. Die wichtigsten Eigenformen sind in Bild 70 und Bild 71 dargestellt.

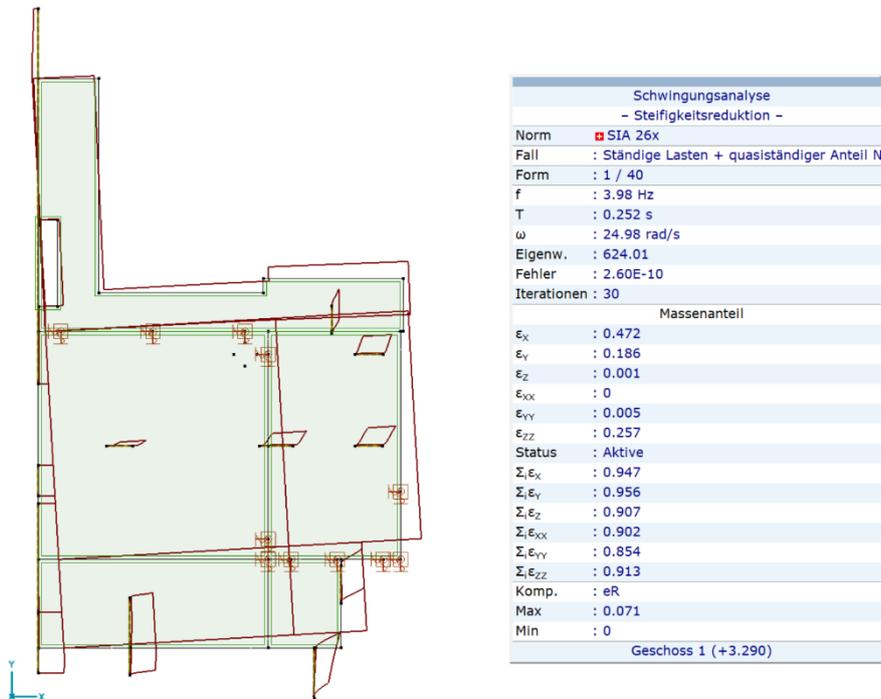


Bild 70 Eingangshalle: 1. Eigenform in x- und y-Richtung. $T_1 = 0.252$ s, $f_1 = 3.98$ Hz, $\epsilon_x = 47.2\%$, $\epsilon_y = 18.6\%$

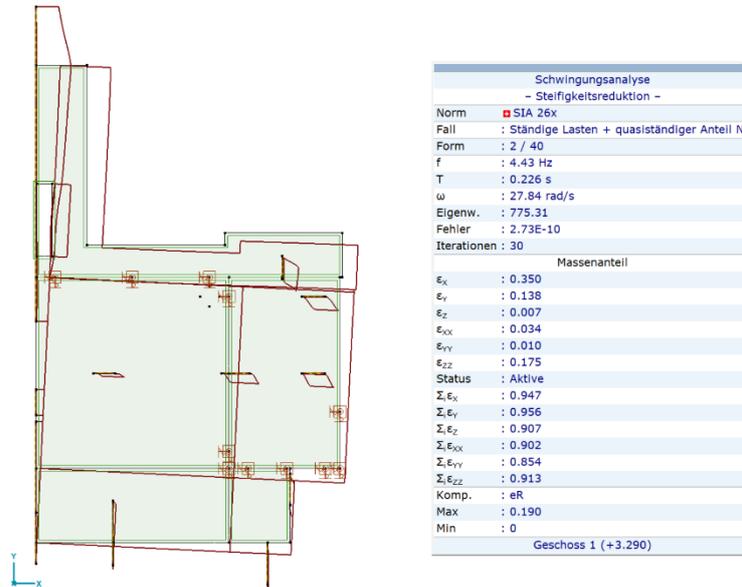


Bild 71 Eingangshalle: 2. Eigenform in x- und y-Richtung. $T_2 = 0.226$ s, $f_2 = 4.24$ Hz, $\epsilon_x = 35.0\%$, $\epsilon_y = 13.8\%$

10.6.2 Modale Massen

Es werden die ersten 40 Eigenformen berücksichtigt (vgl. Tabelle 39). Die modalen Massenanteile liegen in horizontaler Richtung bei je 95% und in vertikaler Richtung bei 91%. Die nach Norm SIA 261 [6] geforderte Berücksichtigung von mindestens 90% der modalen Massen ist somit erreicht.

10.6.3 Überprüfungsspektrum

Das Überprüfungsspektrum mit den Schwingzeiten der wichtigsten Eigenformen der Eingangshalle ist in Bild 72 dargestellt.

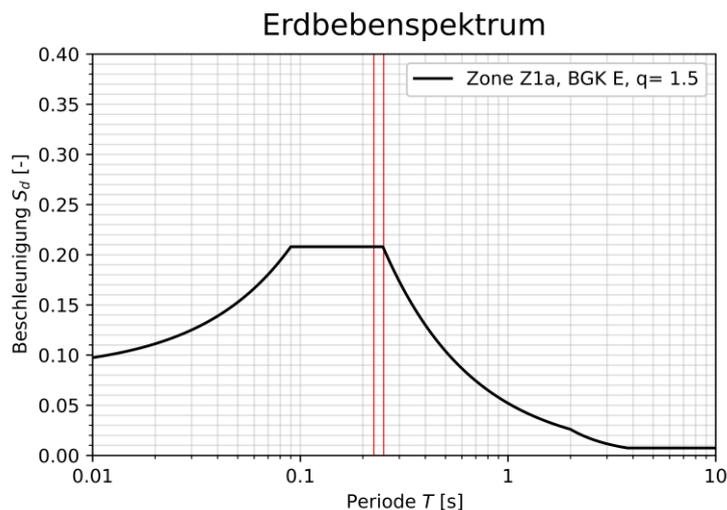


Bild 72 Überprüfungsspektrum Eingangshalle

	f [Hz]	T [s]	Fehler	ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_Z	$\Sigma_i \epsilon_X$	$\Sigma_i \epsilon_Y$	$\Sigma_i \epsilon_Z$
1	3.98	0.252	2.60E-10	0.472	0.186	0.001	0.472	0.186	0.001
2	4.43	0.226	2.73E-10	0.350	0.138	0.007	0.822	0.324	0.008
3	6.09	0.164	1.20E-10	0.092	0.103	0.040	0.914	0.428	0.048
4	7.52	0.133	2.30E-11	0	0.003	0.031	0.914	0.431	0.079
5	7.57	0.132	3.00E-11	0	0.015	0.103	0.914	0.445	0.182
6	9.07	0.110	3.41E-11	0.001	0.007	0.270	0.915	0.452	0.451
7	10.08	0.099	3.77E-11	0	0.001	0.047	0.915	0.453	0.499
8	10.47	0.096	4.18E-11	0.015	0	0	0.930	0.453	0.499
9	11.84	0.084	1.72E-11	0.001	0.033	0.105	0.931	0.486	0.603
10	12.01	0.083	3.15E-11	0.005	0.131	0.001	0.935	0.617	0.605
11	12.36	0.081	3.25E-11	0.002	0.237	0.003	0.937	0.854	0.607
12	12.76	0.078	1.21E-11	0	0.033	0.003	0.937	0.886	0.610
13	13.89	0.072	1.47E-11	0.001	0.039	0	0.938	0.925	0.610
14	14.51	0.069	1.61E-11	0.002	0.004	0	0.940	0.929	0.610
15	15.85	0.063	1.06E-11	0	0	0.022	0.940	0.929	0.633
16	16.49	0.061	1.53E-11	0	0	0	0.940	0.929	0.633
17	18.05	0.055	7.16E-12	0.001	0.002	0.004	0.941	0.931	0.636
18	18.13	0.055	9.92E-12	0	0	0.039	0.941	0.931	0.676
19	18.15	0.055	1.17E-11	0	0.002	0.005	0.941	0.933	0.680
20	18.49	0.054	8.69E-12	0	0.003	0.010	0.941	0.936	0.690
21	20.78	0.048	6.15E-12	0	0	0.019	0.942	0.937	0.710
22	21.38	0.047	4.81E-12	0	0	0.002	0.942	0.937	0.712
23	22.24	0.045	6.65E-12	0	0	0.005	0.942	0.937	0.717
24	23.02	0.043	6.39E-12	0	0.002	0.037	0.942	0.939	0.753
25	23.69	0.042	4.79E-12	0	0.002	0.013	0.942	0.941	0.767
26	25.41	0.039	2.47E-11	0	0.001	0	0.942	0.942	0.767
27	26.12	0.038	2.39E-10	0	0.001	0.045	0.942	0.943	0.811
28	26.56	0.038	8.54E-10	0	0.002	0.048	0.942	0.945	0.859
29	27.02	0.037	3.56E-9	0	0.001	0.001	0.942	0.947	0.861
30	27.43	0.036	2.58E-9	0.001	0.002	0.001	0.943	0.949	0.862
31	28.38	0.035	1.06E-8	0.001	0	0	0.944	0.949	0.862
32	29.18	0.034	6.43E-8	0	0	0.015	0.944	0.949	0.877
33	29.54	0.034	1.34E-7	0	0.001	0.002	0.944	0.950	0.879
34	30.28	0.033	6.54E-7	0.001	0	0.009	0.945	0.951	0.888
35	30.58	0.033	1.85E-6	0	0	0.010	0.945	0.951	0.898
36	30.67	0.033	1.58E-6	0	0	0.001	0.945	0.951	0.899
37	30.84	0.032	7.30E-6	0	0.004	0.001	0.945	0.955	0.900
38	32.00	0.031	1.07E-5	0.001	0	0.003	0.946	0.955	0.903
39	32.18	0.031	2.06E-5	0	0	0	0.946	0.955	0.903
40	32.77	0.031	9.09E-5	0.001	0.001	0.004	0.947	0.956	0.907
40/40				0.947	0.956	0.907			

f : Eigenfrequenz; T : Periodenzeit; **Fehler**: Der Fehler der Berechnung; ϵ_X : Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; ϵ_Y : Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; ϵ_Z : Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung; $\Sigma_i \epsilon_X$: Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; $\Sigma_i \epsilon_Y$: Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; $\Sigma_i \epsilon_Z$: Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung;

Tabelle 39 Modale Massen Eingangshalle

10.7 Nachweise der Hauptbauteile

10.7.1 Stahlbetonwände

Wie bereits in den vorigen Kapitel festgehalten, sind auch zu diesem Gebäudeteil keine Bewehrungspläne vorhanden. Analog zu Abschnitt 7.7.1 wird eine Grundbewehrung von $\varnothing 10$, $t = 15$ cm, vorausgesetzt. Im folgenden wird die massgebende Betonwand Achse im Bereich des Shops, zwischen Achsen T und U, 21, untersucht (Lage siehe Bild 73). Die Schnittgrößen der massgebenden Lastkombination sind in Tabelle 40 zusammengefasst.

Die Wandscheibe hat eine Breite von 1.83 m und eine Stärke von 30 cm.

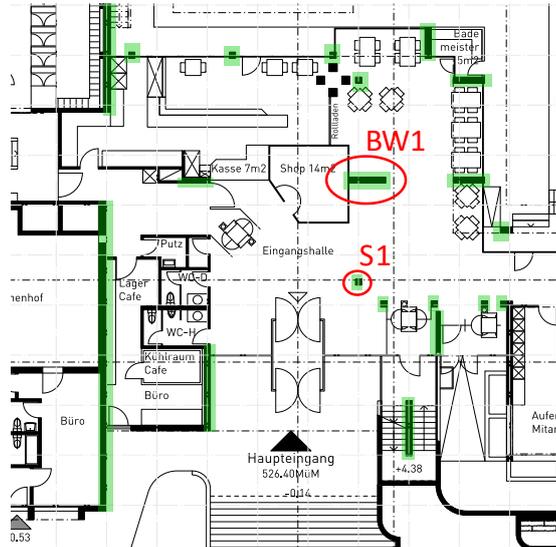


Bild 73 Untersuchte Betonwandscheibe und Stütze in der Eingangshalle

	N_d	M_{yd}	M_{zd}	V_{yd}	V_{zd}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
BW1	-325	22	712	225	27

Tabelle 40 Massgebende Schnittgrößen Betonwand BW1

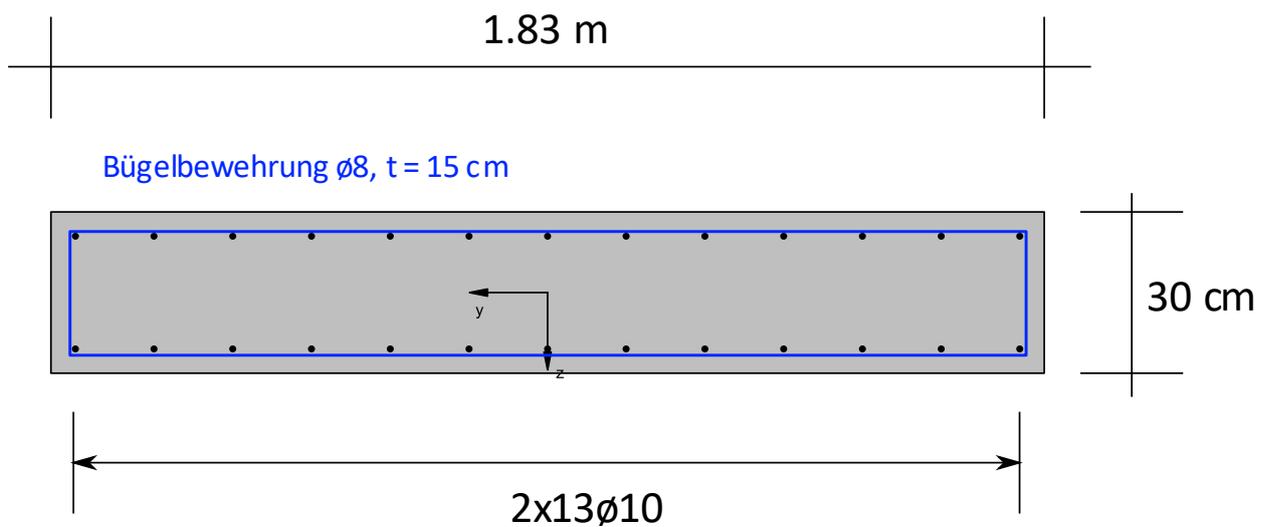


Bild 74 Geschätzte Bewehrung Betonwand BW1 Eingangshalle

Die Querschnittsanalyse erfolgt mit dem Programm *INCA 2*. Das Momenteninteraktionsdiagramm in Bild 75 zeigt, dass die Biegetragsicherheit der Wand BW1 unter Voraussetzung der Bewehrung gem. Bild 74 gewährleistet ist.

Auch die Querkrafttragsicherheit kann unter Voraussetzung voll verankerter, zweischnittiger Bügel $\varnothing 8$, $t = 15 \text{ cm}$, als gewährleistet beurteilt werden:

Querkraft quer zur Wandscheibe, ohne Querkraftbewehrung:

Querkraftwiderstand ohne Bewehrung $V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d_v L_w = 0.67 \cdot 1.01 \text{ MPa} \cdot 255 \text{ mm} \cdot 1.83 \text{ m}$
 $= 316 \text{ kN} > 27 = V_{zd}$

$$k_d = \frac{1}{1 + \epsilon_v d k_g} = \frac{1}{1 + 0.0019 \cdot 255 \text{ mm} \cdot 1} = 0.67$$

Dehnung $\epsilon_v \approx \frac{f_{sd}}{E_s} = \frac{390}{205'000} = 0.0019$

Querkraft längs zur Wandscheibe, Querkraftbewehrung $\varnothing 8/150$:

Querkraftwiderstand Bewehrung $V_{Rd,s} = a_s z f_{sd} \cot \alpha$
Voll verankerte zweischnittige Bügel $= 2 \cdot 335 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 1.1 \text{ m} \cdot 390 \text{ MPa}$
 $\cdot \cot 40^\circ = 343 \text{ kN} > 225 \text{ kN} = V_{y22 d}$

Widerstand Betondruckdiagonale $V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$
 $= 0.3 \text{ m} \cdot 1.1 \text{ m} \cdot 0.55 \cdot 18.9 \text{ MPa}$
 $\cdot \sin 40^\circ \cos 40^\circ = 1'689 \text{ kN}$

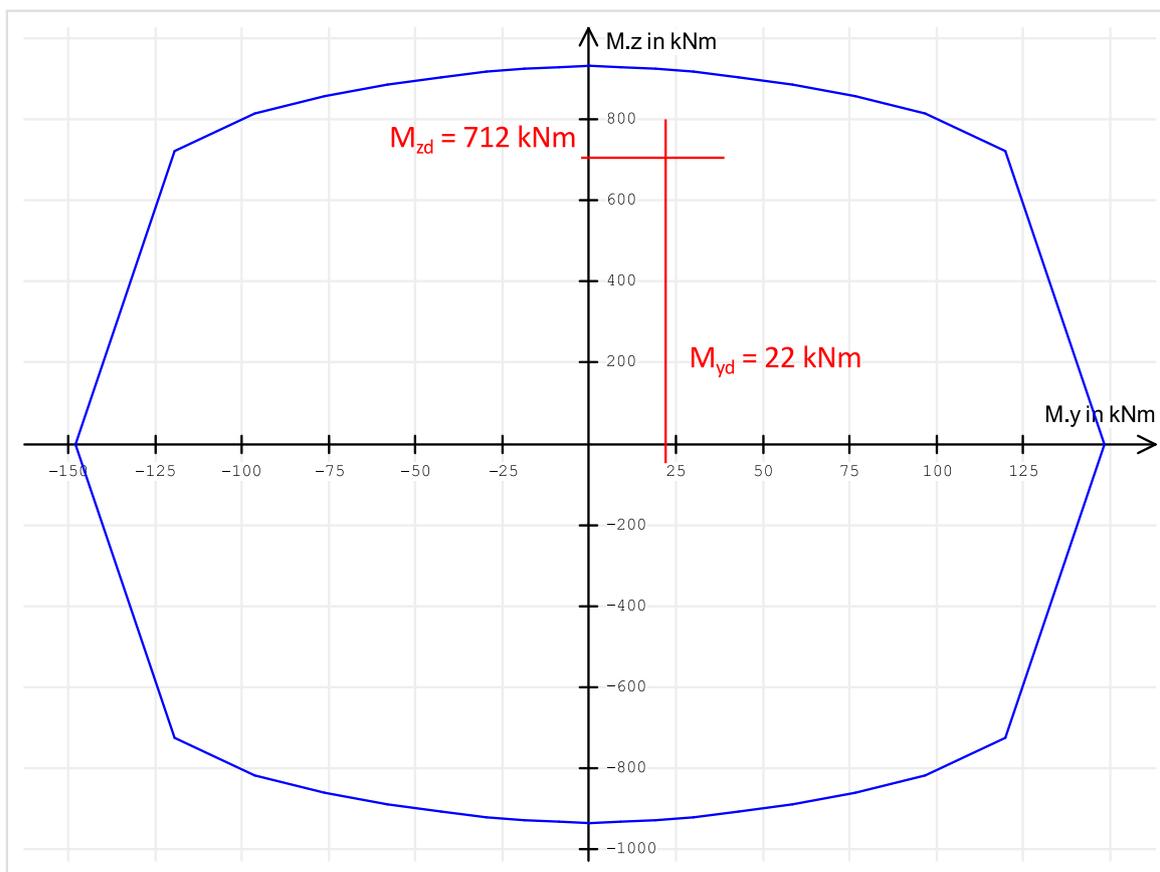


Bild 75 My-Mz Interaktionsdiagramm Betonwand BW1 Eingangshalle

10.7.2 Stahlbetonstützen

Die massgebende Stütze in der Eingangshalle befindet sich auf der Achse 21, zwischen den Achsen V und W (gekennzeichnet in Bild 73), und hat einen Querschnitt von 30x30cm. Die Schnittkräfte der massgebend Stütze in sind in Tabelle 41 zusammengefasst. Für die Abschätzung der Tragsicherheit wird das Bewehrungslayout gem. Bild 76 vorausgesetzt.

	N_d	M_{yd}	M_{zd}	V_{yd}	V_{zd}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
S1	-458	59	29	33	5

Tabelle 41 Schnittkräfte Stütze S1 Eingangshalle

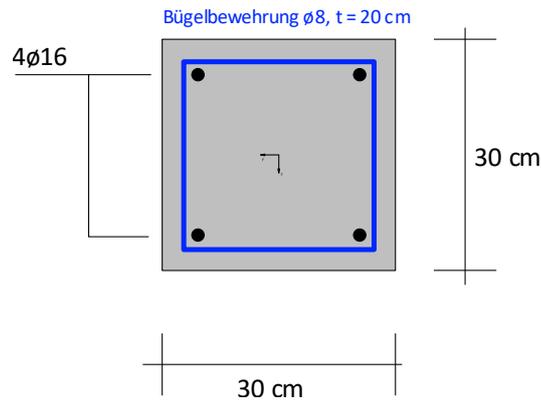


Bild 76 Geschätzte Bewehrung Betonstütze S1 Eingangshalle

Aus der Querschnittsanalyse mit *INCA 2* und Schnittgrößenberechnung 2. Ordnung (vgl. Tabelle 42) kann die Biegetragsicherheit mit dem M-N-Interaktions in Bild 77 unter Voraussetzung des Bewehrungslayouts gem. Bild 76 als ausreichend beurteilt werden.

Der Querkraftwiderstand des Querschnitts unter Voraussetzung zweischnittiger, voll verankerter Bügel $\varnothing 8$, $t = 20$ cm beträgt (unter Vernachlässigung der relativen kleinen Querkraft V_y):

$$V_{Rd,s} = a_s f_{sd} z \cot \alpha = 2 \cdot 252 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot \cot 30^\circ = 68 \text{ kN (Querkraftbewehrung)}$$

$$V_{Rd,c} = k_c f_{cd} b_w z \cos \alpha \sin \alpha = 0.55 \cdot 18.9 \text{ MPa} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ \sin 30^\circ = 270 \text{ kN (Betondruckdiagonale)}$$

Die Bemessungsquerkraft von $V_{zd} = 33$ kN kann mit dem gewählten Bewehrungslayout aufgenommen werden.

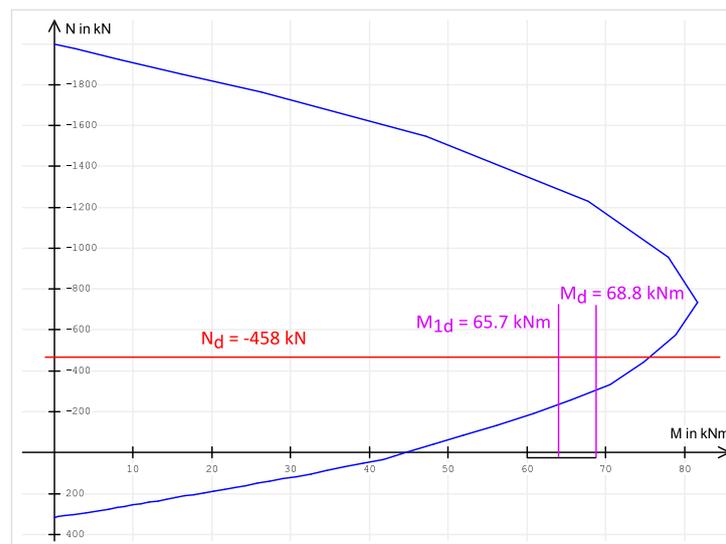


Bild 77 M-N Interaktionsdiagramm Stütze S1 Eingangshalle

Schnittgrößen 1. Ordnung					
Normalkraft	N_d	[kN]	-458		
Biegemoment	M_{1dy}	[kNm]	59.0		
Biegemoment	M_{1dz}	[kNm]	29.0		
Resultierendes Moment	M_{1d}	[kNm]	65.7		
Geometrie					
Stat. Höhe	d	[mm]	254		
Stablänge	L	[m]	3.2		
Faktor Knicklänge		[-]	1		
Knicklänge	L_{cr}	[m]	3.2		
Schnittgrößen 2. Ordnung					
			1. Iteration	2. Iteration	
Max. Exzentrizität	e_d	[mm]	149.0	150.0	150.2
Imperfektion	e_{0d}	[mm]	8.47	8.47	8.47
	α_i	[-]	0.005	0.005	0.005
Exzentrizität 1. Ordnung	e_{1d}	[mm]	128.8	128.8	128.8
Exzentrizität 2. Ordnung	e_{2d}	[mm]	11.7	12.7	12.9
Krümmung	X_d	[1/1000m]	11.30	12.27	12.40
Biegemoment 2. Ordnung M_d			68.2	68.7	68.8

Tabelle 42 Berechnung der Schnittgrößen 2. Ordnung nach Norm SIA 262 Betonstütze Eingangshalle

10.7.3 Mauerwerkswände

Für den Abtrag horizontaler Kräfte werden in der Eingangshalle keine Mauerwerkswände berücksichtigt.

10.7.4 Decke und Empore

Die Überprüfungssituation Erdbeben ist nicht massgebend betreffend der Nachweise der Decke über EG und Empore.

11 Sauna

11.1 Geometrie

Der Saunabereich befindet sich südlich der Eingangshalle und besteht aus zwei Teilen, welche durch eine Dilatationsfuge voneinander getrennt sind. Im Grundriss haben beide Teile zusammen Abmessungen von 12.5 x 27.5 m. Als einziger Gebäudeteil der Schwimmbads verfügt der in diesem Kapitel untersuchte Gebäudeteil über zwei Obergeschosse.

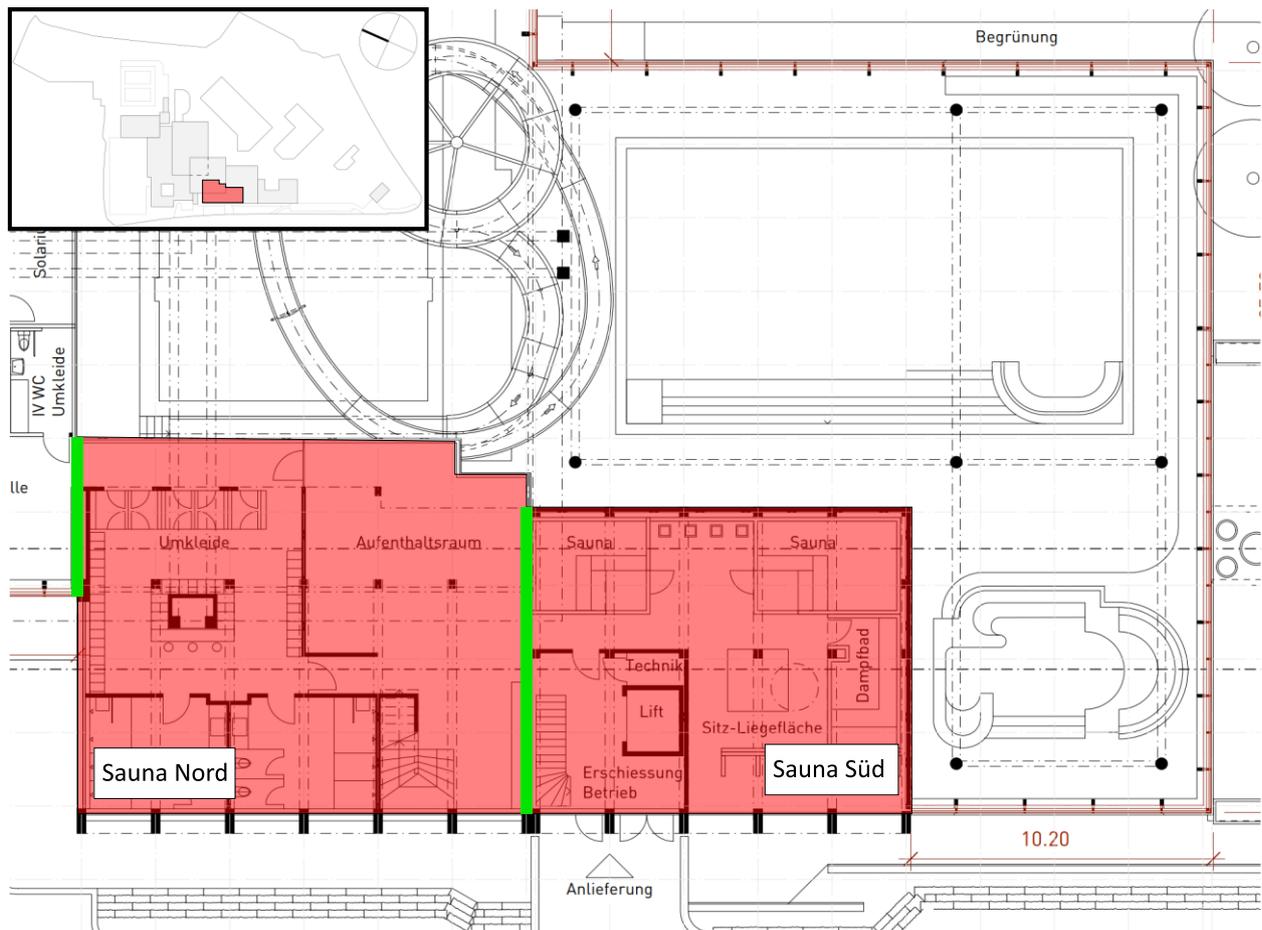


Bild 78 Untersucher Gebäudeteil Sauna und Dilatationsfugen (grün markiert)

11.2 Konstruktive Durchbildung

Da es sich um ein gemischtes Tragsystem (Stahlbeton- und Mauerwerksbauweise) (vgl. SIA 269/8, 4.2.2) handelt, gilt der tiefere Verhaltensbeiwert $q = 1.5$ für Mauerwerk SIA 266 [10].

Im Untergeschoss sind zahlreiche tragende Wandscheiben vorhanden. Somit wird der Einspannhorizont auf Höhe Decke über UG angesetzt.

Die Stützen im EG sind monolithisch mit der Decke über UG verbunden und werden mit einer entsprechenden Einspannung modelliert.

Im Umbau 2016 wurden einige Mauerwerkswände unterstopft, damit diese Lasten übernehmen. Die Modellbildung erfolgt nach der Nutzungsvereinbarung 2017 [4]. In diesem Dokument wurden die tragenden Wände definiert.

Es ist nicht bekannt, wie die Fuge zwischen den Mauerwerkswänden und den Stahlbetondecken ausgebildet ist, resp. ob und in welchem Masse Kräfte längs zur Wand übertragen werden können. Für die nachfolgenden Untersuchungen wird von einer steifen Verbindung und Kraftübertragung zwischen Mauerwerkswand und Stahlbetondecke ausgegangen.

11.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung erfolgt an zwei für jeden Gebäudeteil separaten Stab- Schalenmodellen mit der FE-Software AxisVM X6.

Die Steifigkeitsreduktion der Wände und Stützen erfolgt analog zu Kapitel 7.3.

Die berücksichtigten Stützen und tragenden Wänden sind für das Erdgeschoss in Bild 79, für das 1. Obergeschoss in Bild 80 und für das 2. Obergeschoss in Bild 81 dargestellt. Der Liftkern ist gemäss Bestandesplänen in Mauerwerk ausgeführt.

Von der Tragstruktur des 2. Obergeschosses und des Dachs sind keine Pläne verfügbar, die Aussteifung ist somit unbekannt.

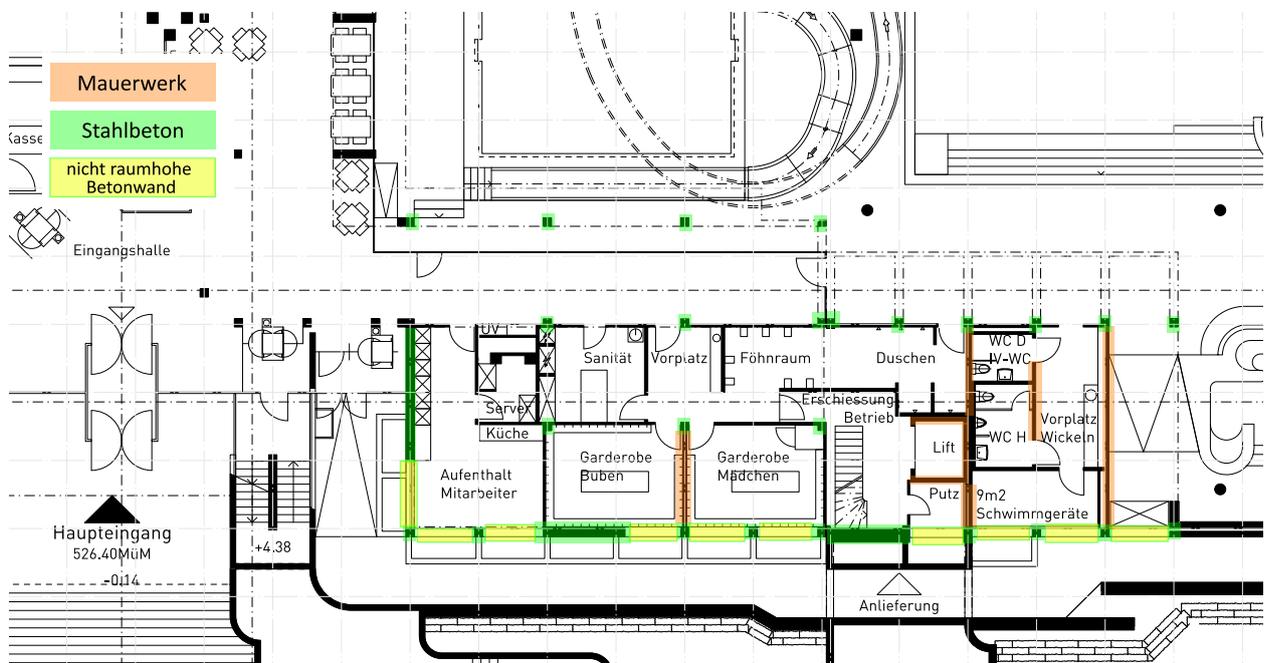


Bild 79 Modellerte tragende Elemente Sauna im Erdgeschoss

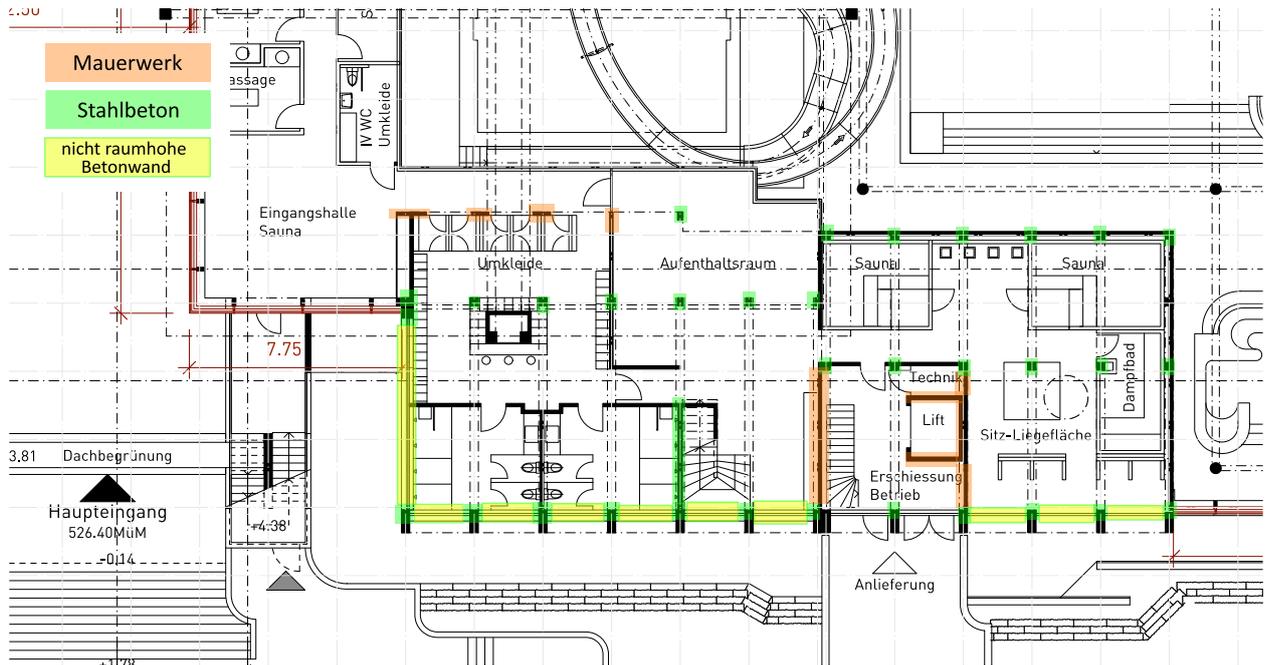


Bild 80 Modellerte tragende Elemente Sauna im 1. Obergeschoss

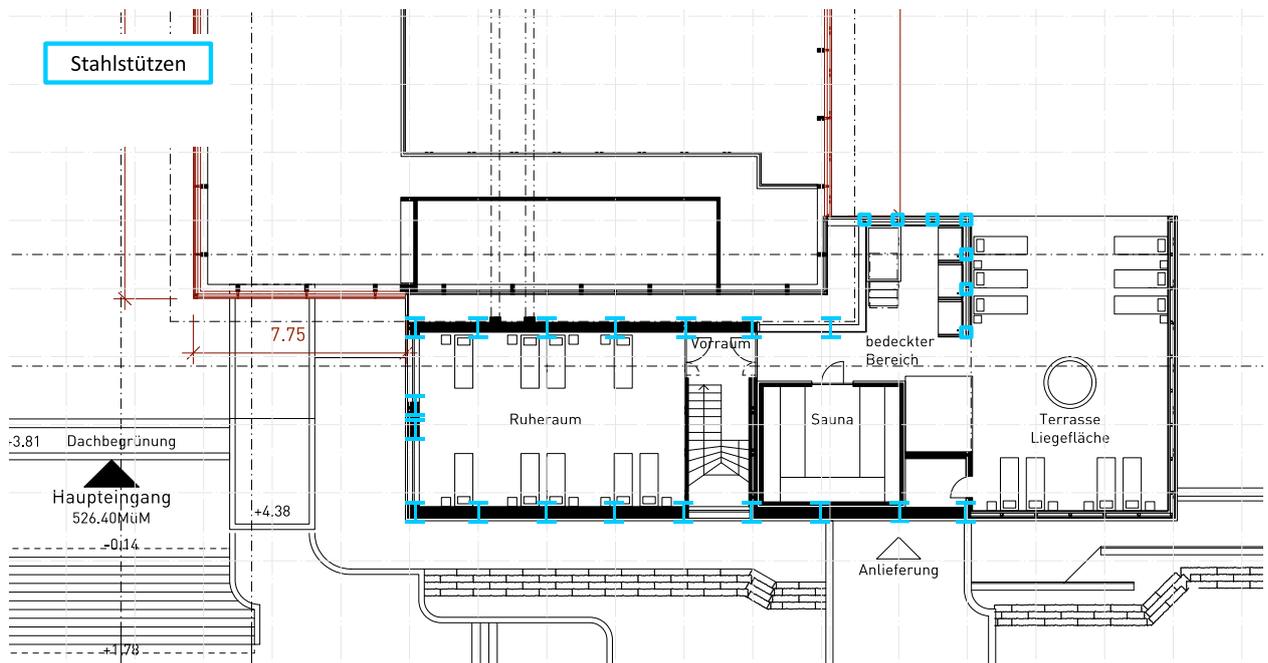


Bild 81 Modellerte tragende Elemente Sauna im 2. Obergeschoss

11.4 Lastdefinitionen

Die Auflast auf der Decke über EG und Decke über OG beträgt $g_k = 1.6 \text{ kN/m}^2$. Im 2. OG befindet sich ein Wasserbecken (Achse 31, zwischen V und W) mit einer Wassertiefe von ca. 1.50 m. Für dieses Becken wird eine Auflast von $g_{AL,k} = 15 \text{ kN/m}^2$ definiert.

Für das Gewicht des gesamten Dachaufbaus werden $g_k = 4.0 \text{ kN/m}^2$ vorausgesetzt.

Die Nutzlast in diesem Gebäudeteil beträgt $q_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. C3 gem. SIA 261), resp. $q_k = 3.0 \text{ kN/m}^2$ im Bereich der Technikzentrale im 2. OG (vgl. [4]).

Für die Sichtschutzwand im 2. OG wird eine Auflast von $g_k = 1.5 \text{ kN/m}$ vorausgesetzt.

Die Definition der Auflasten ist in Bild 82 dargestellt.

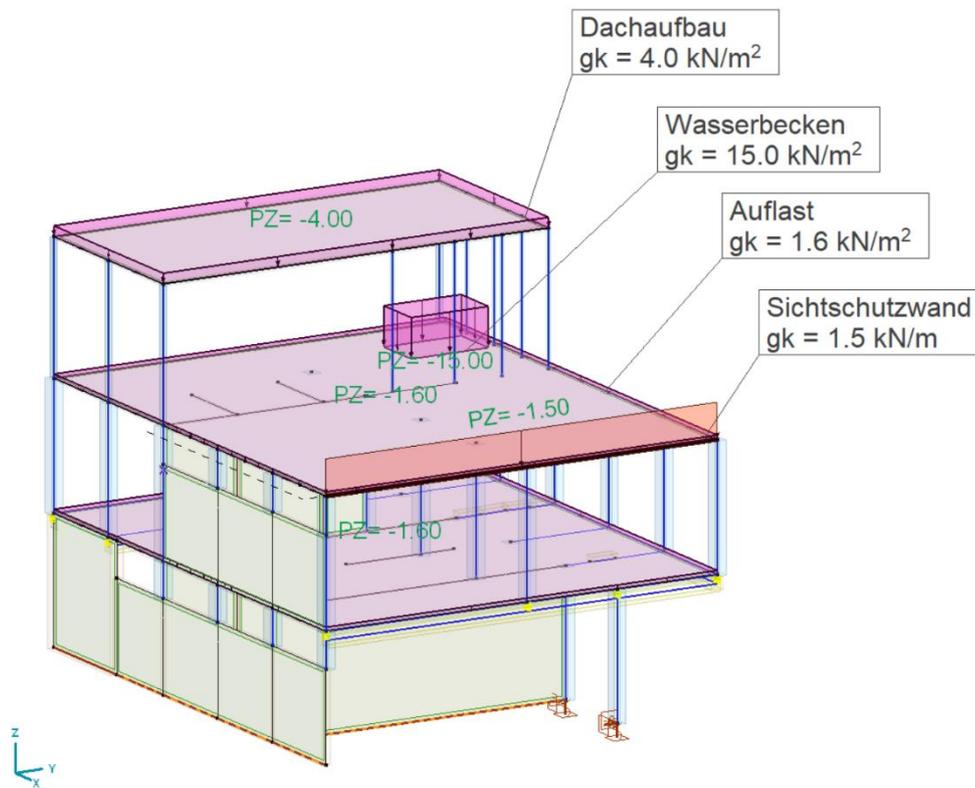


Bild 82 Definition Auflasten Sauna Süd (Lasten Sauna Nord analog)

11.5 Überprüfungssituation

Die massgebende Lastkombination für den untersuchten Gebäudeteil ist in Tabelle 38 dargestellt. Die Nutzlasten werden mit dem Reduktionsbeiwert ψ_2 berücksichtigt.

Lastkombination	Eigengewicht $g_{k,EG}$	Auflasten $g_{k,al}$	Erdbeben ASV A_d	Nutzlasten Kat. C q_k
LK Beben Sauna	1.00	1.00	+/- 1.00	0.60

Tabelle 43 Lastkombination Sauna

11.6 Antwortspektrumverfahren

11.6.1 Schwingungsanalyse

Für die Schwingungsanalyse werden die ständigen Lasten und die quasiständigen Anteile der Nutzlasten als schwingende Massen mit berücksichtigt. Die massgebenden Eigenformen der Sauna Nord sind in Bild 83 und Bild 84, diejenigen der Sauna Süd in Bild 85 und Bild 86, dargestellt.

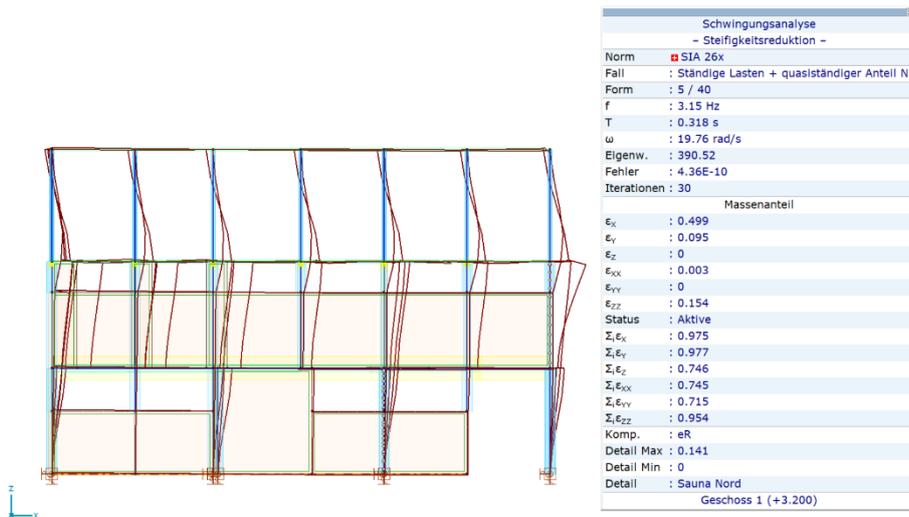


Bild 83 Sauna Nord: 5. Eigenform in x-Richtung. $T_5 = 0.318 \text{ s}$, $f_5 = 3.15 \text{ Hz}$, $\epsilon_x = 49.9\%$

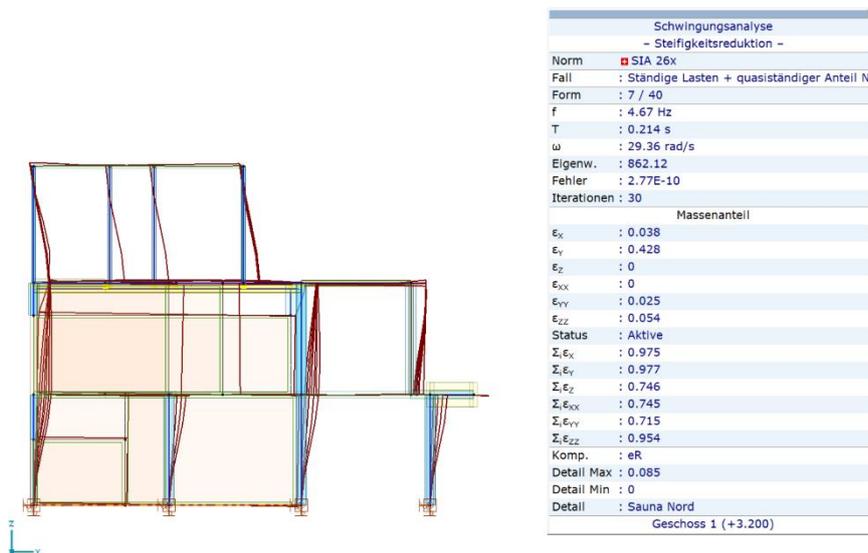


Bild 84 Sauna Nord: 7. Eigenform in y-Richtung. $T_7 = 0.214 \text{ s}$, $f_7 = 4.67 \text{ Hz}$, $\epsilon_y = 42.8\%$

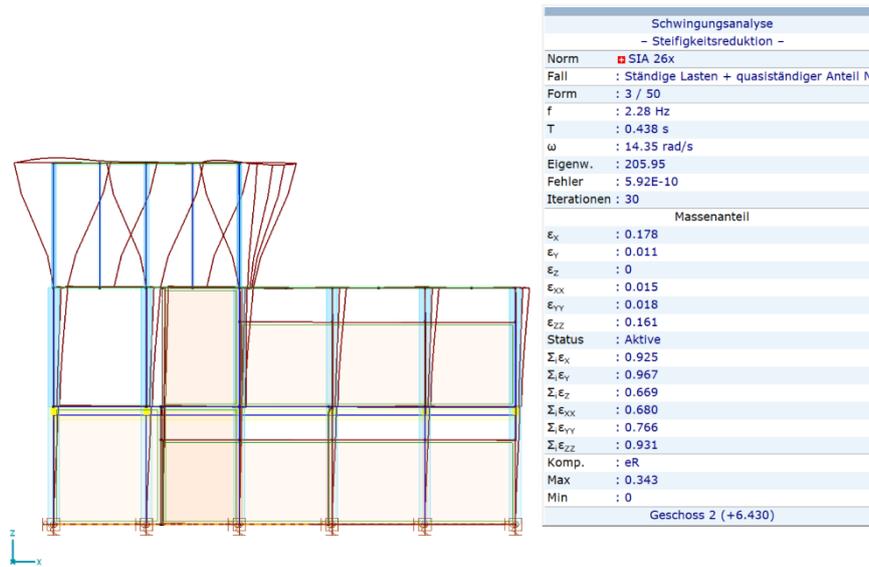


Bild 85 Sauna Süd: 3. Eigenform in x-Richtung. $T_3 = 0.438$ s, $f_3 = 2.28$ Hz, $\epsilon_x = 17.8\%$

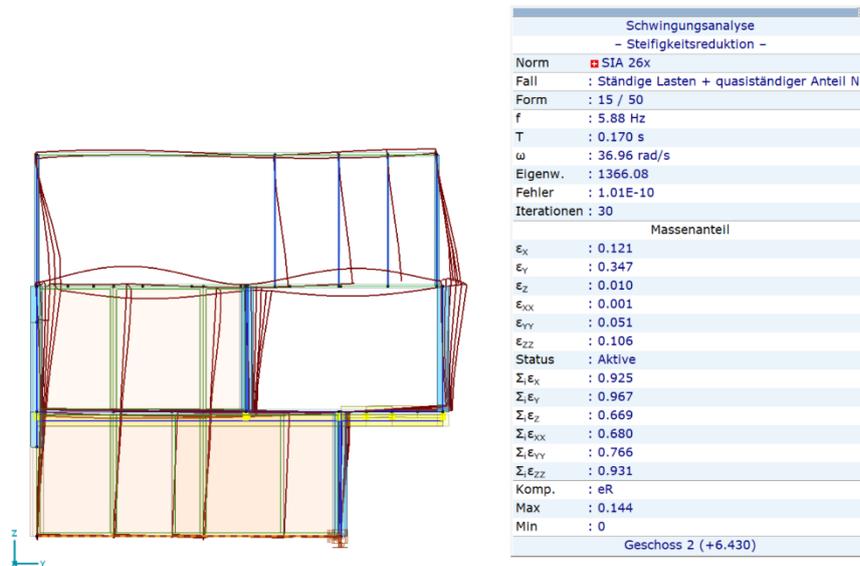


Bild 86 Sauna Süd: 15. Eigenform in y-Richtung. $T_{15} = 0.170$ s, $f_{15} = 5.88$ Hz, $\epsilon_y = 34.7\%$

11.6.2 Modale Massen

Bei der Sauna Nord werden die ersten 40, resp. 55 bei der Sauna Süd, Eigenformen berücksichtigt (vgl. Tabelle 44 und Tabelle 45). Die modalen Massenanteile liegen in horizontaler Richtung bei min. 96% und in vertikaler Richtung bei ca. 75%. Die nach Norm SIA 261 [6] geforderte Berücksichtigung von mindestens 90% der modalen Massen ist somit in horizontaler Richtung erreicht. Die vertikale Komponente der Erbebeneinwirkung ist in der vorliegenden Untersuchung von untergeordneter Bedeutung, weshalb der geringere modale Massenanteil akzeptiert wird.

	f [Hz]	T [s]	Fehler	ε_X	ε_Y	ε_Z	$\Sigma_i \varepsilon_X$	$\Sigma_i \varepsilon_Y$	$\Sigma_i \varepsilon_Z$
1	1.17	0.852	4.32E-9	0.142	0	0	0.142	0	0
2	1.66	0.603	8.42E-11	0.001	0	0	0.143	0	0
3	1.72	0.582	2.11E-9	0.001	0.123	0	0.144	0.123	0
4	2.27	0.441	8.20E-10	0.005	0.022	0	0.149	0.145	0
5	3.15	0.318	4.36E-10	0.499	0.095	0	0.648	0.240	0
6	3.63	0.276	1.55E-10	0	0.002	0	0.648	0.243	0
7	4.67	0.214	2.77E-10	0.038	0.428	0	0.686	0.671	0.001
8	5.34	0.187	2.98E-10	0	0.001	0.050	0.686	0.671	0.051
9	5.35	0.187	2.25E-10	0	0.002	0.117	0.686	0.673	0.168
10	5.91	0.169	2.73E-10	0	0	0.029	0.686	0.673	0.197
11	7.01	0.143	2.23E-10	0.001	0.149	0.004	0.687	0.822	0.201
12	7.13	0.140	5.64E-10	0	0.022	0.039	0.687	0.845	0.240
13	7.32	0.137	1.64E-10	0.001	0	0.006	0.688	0.845	0.245
14	7.75	0.129	1.45E-10	0.001	0	0.022	0.689	0.845	0.268
15	9.10	0.110	1.40E-10	0.221	0.076	0.001	0.910	0.921	0.268
16	9.57	0.104	1.01E-10	0	0	0	0.910	0.921	0.268
17	9.61	0.104	4.61E-10	0.001	0	0	0.911	0.921	0.269
18	9.75	0.103	1.16E-10	0.001	0	0	0.912	0.921	0.269
19	9.85	0.101	2.89E-9	0	0	0	0.912	0.921	0.269
20	10.75	0.093	3.66E-10	0.001	0	0.020	0.913	0.922	0.289
21	11.56	0.086	1.73E-9	0	0.001	0.002	0.914	0.922	0.291
22	12.09	0.083	3.04E-9	0	0	0.110	0.914	0.922	0.401
23	12.62	0.079	1.21E-9	0	0	0.127	0.914	0.923	0.528
24	13.26	0.075	1.48E-9	0	0	0.001	0.914	0.923	0.528
25	14.03	0.071	4.70E-10	0	0	0.002	0.914	0.923	0.531
26	14.68	0.068	2.74E-9	0	0.003	0.001	0.914	0.926	0.531
27	15.55	0.064	6.60E-9	0	0	0.021	0.914	0.926	0.553
28	15.80	0.063	1.27E-8	0	0	0.101	0.914	0.926	0.653
29	15.95	0.063	1.73E-8	0.008	0.008	0.002	0.923	0.934	0.656
30	16.02	0.062	8.36E-9	0.004	0	0.027	0.927	0.935	0.683
31	16.60	0.060	1.09E-6	0.012	0.015	0	0.939	0.950	0.683
32	16.80	0.060	8.90E-7	0.004	0	0.053	0.943	0.950	0.736
33	16.95	0.059	1.85E-6	0.003	0.007	0	0.946	0.957	0.736
34	17.21	0.058	1.60E-5	0	0	0	0.946	0.957	0.736
35	17.44	0.057	8.39E-6	0.004	0	0.008	0.950	0.957	0.744
36	17.71	0.056	1.57E-5	0.001	0.001	0	0.951	0.959	0.744
37	17.90	0.056	5.67E-6	0	0	0	0.952	0.959	0.744
38	18.01	0.056	3.44E-5	0.022	0.017	0	0.974	0.976	0.744
39	18.52	0.054	6.62E-5	0	0	0.001	0.974	0.976	0.744
40	18.84	0.053	3.52E-3	0	0.001	0.002	0.975	0.977	0.746
40/40				0.975	0.977	0.746			

f: Eigenfrequenz; T: Periodenzeit; Fehler: Der Fehler der Berechnung; ε_X : Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; ε_Y : Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; ε_Z : Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung; $\Sigma_i \varepsilon_X$: Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; $\Sigma_i \varepsilon_Y$: Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; $\Sigma_i \varepsilon_Z$: Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung;

Tabelle 44 Modale Massen Sauna Nord

	f [Hz]	T [s]	Fehler	ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_Z	$\Sigma_i \epsilon_X$	$\Sigma_i \epsilon_Y$	$\Sigma_i \epsilon_Z$
1	1.28	0.780	1.93E-9	0.088	0.002	0	0.088	0.002	0
2	1.61	0.621	1.24E-9	0.037	0.082	0	0.125	0.084	0
3	2.28	0.438	5.92E-10	0.178	0.011	0	0.303	0.095	0
4	2.87	0.348	3.45E-10	0.208	0.001	0.007	0.511	0.095	0.007
5	3.02	0.331	8.66E-11	0.004	0	0	0.515	0.095	0.007
6	3.03	0.330	1.95E-10	0.011	0	0	0.527	0.095	0.007
7	3.14	0.319	1.79E-10	0.019	0	0.057	0.546	0.095	0.064
8	3.74	0.267	1.33E-10	0	0	0	0.546	0.095	0.064
9	4.38	0.228	1.22E-10	0.003	0	0	0.548	0.096	0.064
10	4.78	0.209	5.82E-11	0.002	0.053	0.107	0.551	0.148	0.171
11	5.19	0.193	8.23E-11	0.052	0.137	0.004	0.603	0.285	0.176
12	5.30	0.189	7.70E-11	0.066	0.160	0.026	0.669	0.445	0.201
13	5.61	0.178	5.60E-11	0	0	0	0.669	0.445	0.201
14	5.79	0.173	6.16E-11	0.008	0	0	0.677	0.445	0.201
15	5.88	0.170	1.01E-10	0.121	0.347	0.010	0.798	0.792	0.211
16	6.12	0.163	3.87E-11	0.031	0.011	0.109	0.830	0.803	0.320
17	6.50	0.154	2.52E-11	0	0	0	0.830	0.803	0.320
18	6.91	0.145	2.21E-11	0	0.001	0.017	0.830	0.804	0.337
19	7.22	0.138	2.24E-11	0	0	0.008	0.830	0.804	0.345
20	8.00	0.125	5.35E-11	0.004	0.027	0.028	0.834	0.831	0.372
21	8.33	0.120	8.46E-11	0.002	0	0.008	0.836	0.831	0.381
22	8.47	0.118	3.16E-11	0.001	0	0.020	0.837	0.831	0.400
23	8.62	0.116	2.50E-11	0	0	0	0.837	0.831	0.400
24	8.70	0.115	4.85E-11	0.010	0.011	0.002	0.847	0.842	0.403
25	8.86	0.113	1.67E-11	0	0.003	0.003	0.848	0.845	0.405
26	9.15	0.109	1.71E-11	0	0.001	0.006	0.848	0.846	0.411
27	9.96	0.100	1.36E-11	0	0.004	0.001	0.848	0.850	0.412
28	10.06	0.099	1.69E-11	0.002	0	0	0.850	0.850	0.412
29	10.18	0.098	1.19E-11	0	0	0	0.850	0.850	0.412
30	10.47	0.096	1.67E-11	0.001	0	0	0.851	0.850	0.412
31	11.07	0.090	5.43E-11	0.002	0	0	0.852	0.850	0.412
32	12.04	0.083	1.01E-11	0	0	0.034	0.853	0.850	0.446
33	13.12	0.076	1.10E-11	0	0	0	0.853	0.850	0.446
34	13.17	0.076	6.09E-12	0	0	0.001	0.853	0.850	0.447
35	13.99	0.071	7.32E-12	0.001	0	0.005	0.853	0.850	0.452
36	14.87	0.067	4.00E-11	0.001	0.030	0.048	0.854	0.880	0.500
37	14.98	0.067	2.21E-11	0.001	0.045	0.012	0.856	0.926	0.511
38	15.25	0.066	8.39E-11	0	0.033	0.022	0.856	0.959	0.533
39	15.56	0.064	7.68E-11	0	0	0	0.856	0.959	0.533
40	16.38	0.061	1.11E-8	0	0.003	0	0.856	0.961	0.534
41	16.59	0.060	2.87E-9	0	0.002	0.003	0.856	0.964	0.537
42	17.32	0.058	7.62E-7	0	0	0	0.856	0.964	0.537
43	17.67	0.057	6.29E-8	0.006	0.001	0	0.862	0.964	0.537
44	18.08	0.055	8.48E-7	0.012	0	0.040	0.875	0.965	0.577
45	18.32	0.055	1.27E-6	0.001	0.001	0.069	0.875	0.966	0.647
46	18.70	0.053	1.18E-5	0.004	0	0	0.879	0.966	0.647
47	18.78	0.053	1.45E-4	0.001	0	0	0.880	0.966	0.647
48	18.91	0.053	1.27E-5	0.015	0.001	0.004	0.895	0.967	0.650
49	19.03	0.053	1.72E-5	0.029	0	0.018	0.925	0.967	0.669
50	19.15	0.052	2.62E-4	0	0	0	0.925	0.967	0.669
50/50				0.925	0.967	0.669			

f: Eigenfrequenz; T: Periodenzeit; Fehler: Der Fehler der Berechnung; ϵ_X : Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; ϵ_Y : Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; ϵ_Z : Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung; $\Sigma_i \epsilon_X$: Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; $\Sigma_i \epsilon_Y$: Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung; $\Sigma_i \epsilon_Z$: Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung;

Tabelle 45 Modale Massen Sauna Süd

11.6.3 Überprüfungsspektrum

Das Überprüfungsspektrum mit den Schwingzeiten der wichtigsten Eigenformen der Sauna ist in Bild 87 dargestellt. Die Schwingzeiten der wichtigsten Eigenformen der Sauna Nord sind rot markiert, diejenige der Sauna Süd sind blau eingezeichnet.

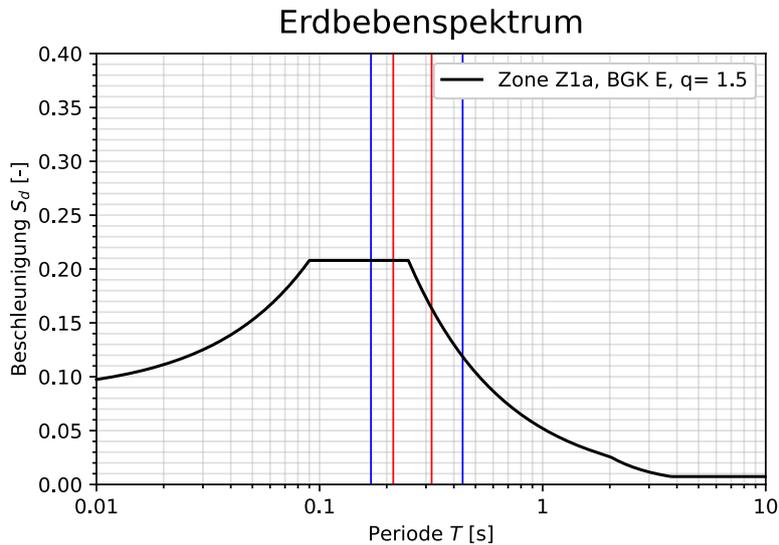


Bild 87 Überprüfungsspektrum Sauna Nord (rot) und Sauna Süd (blau)

11.7 Nachweise der Hauptbauteile

11.7.1 Stahlbetonwände

Unter Voraussetzung einer vierlagigen Grundbewehrung von $\varnothing 10$, $t = 15$ cm, ist die Tragsicherheit der Betondeckenscheiben in beiden Gebäudeteilen der Sauna unkritisch.

11.7.2 Stahlbetonstützen

Die massgebende Stütze welche im folgenden untersucht wird befindet sich im 1. Obergeschoss beim Achspunkt W/26 (Sauna Nord). Die Schnittgrößen sind in Tabelle 46 zusammengestellt. Der Querschnitt der Stütze ist identisch zum Querschnitt der in Abschnitt 10.7.2 untersuchten Stütze.

	N_d [kN]	M_{yd} [kNm]	M_{zd} [kNm]	V_{yd} [kN]	V_{zd} [kN]	
Stütze OG1 Sauna Nord	-183	73	21	35	18	

Tabelle 46 Schnittgrößen massgebende Stütze 1. OG Achspunkt W/26

Ohne Berücksichtigung von Schnittgrößen 2. Ordnung kann mit dem Interaktionsdiagramm in Bild 88 gezeigt werden, dass der Biegezugwiderstand der Stütze überschritten ist. Diese Überschreitung des Biegezugwiderstandes hat keine starken Auswirkungen auf die Tragsicherheit des gesamten Gebäudeteils, die restlichen Stützen

weisen noch Reserven auf. Jedoch ist infolge von plastischen Verformungen mit grösseren Verformungen zu rechnen. Es ist angezeigt durch zusätzliche Aussteifung das Risiko des Zusammenprallens der Gebäudeteile zu verringern und die Erdbebenstragsicherheit somit zu erhöhen.

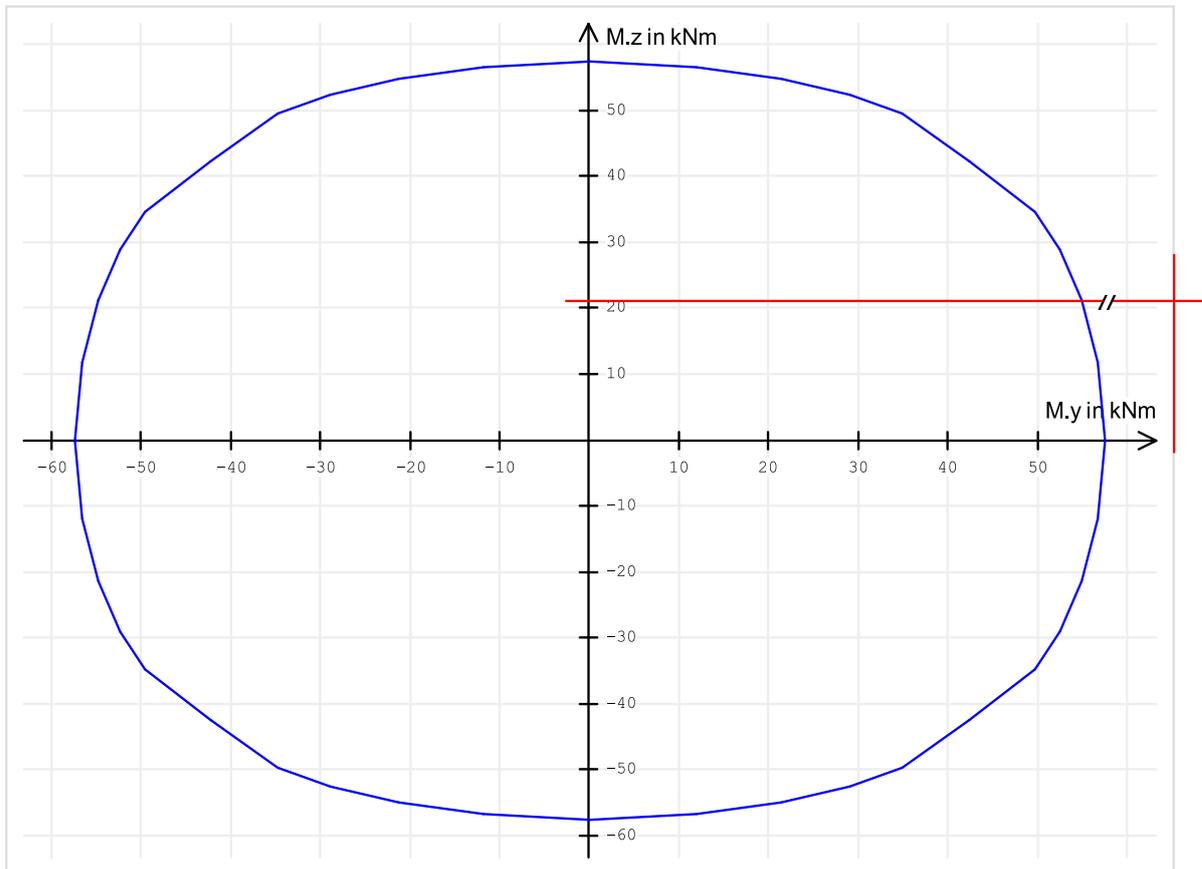


Bild 88 Sauna Stütze S1, My-Mz-Interaktionsdiagramm

11.7.3 Mauerwerkswände

Sauna Nord

Die Normalkraftbelastung der Mauerwerkswände ist zu gering, die Mauerwerkswände können keine Horizontalkräfte aufnehmen. Es sind weitere Massnahmen zur Aussteifung des Gebäudes angezeigt.

Sauna Süd

Beim südlichen Gebäudeteil können im EG die lange Mauerwerkswand in Achse 34 und die etwas kürzere Wand in Achse 33 Horizontalkräfte aufnehmen. Im 1. Obergeschoss ist die Normalkraftbeanspruchung der Mauerwerkswände zu gering.

11.7.4 Decken und Unterzüge

Die Bemessungssituation Erdbeben ist nicht massgebend für die Decken und Unterzüge. Es werden keine weiteren Beurteilungen dieser Elemente vorgenommen.

12 Freibadgarderobe

12.1 Geometrie

Die Freibadgarderobe befindet sich südlich der Lehrschwimmhalle. Die Garderobe ist mit einer Decke mit Unterzügen überdacht, und die Dachfläche ist von den Freibadbesuchern begehbar.

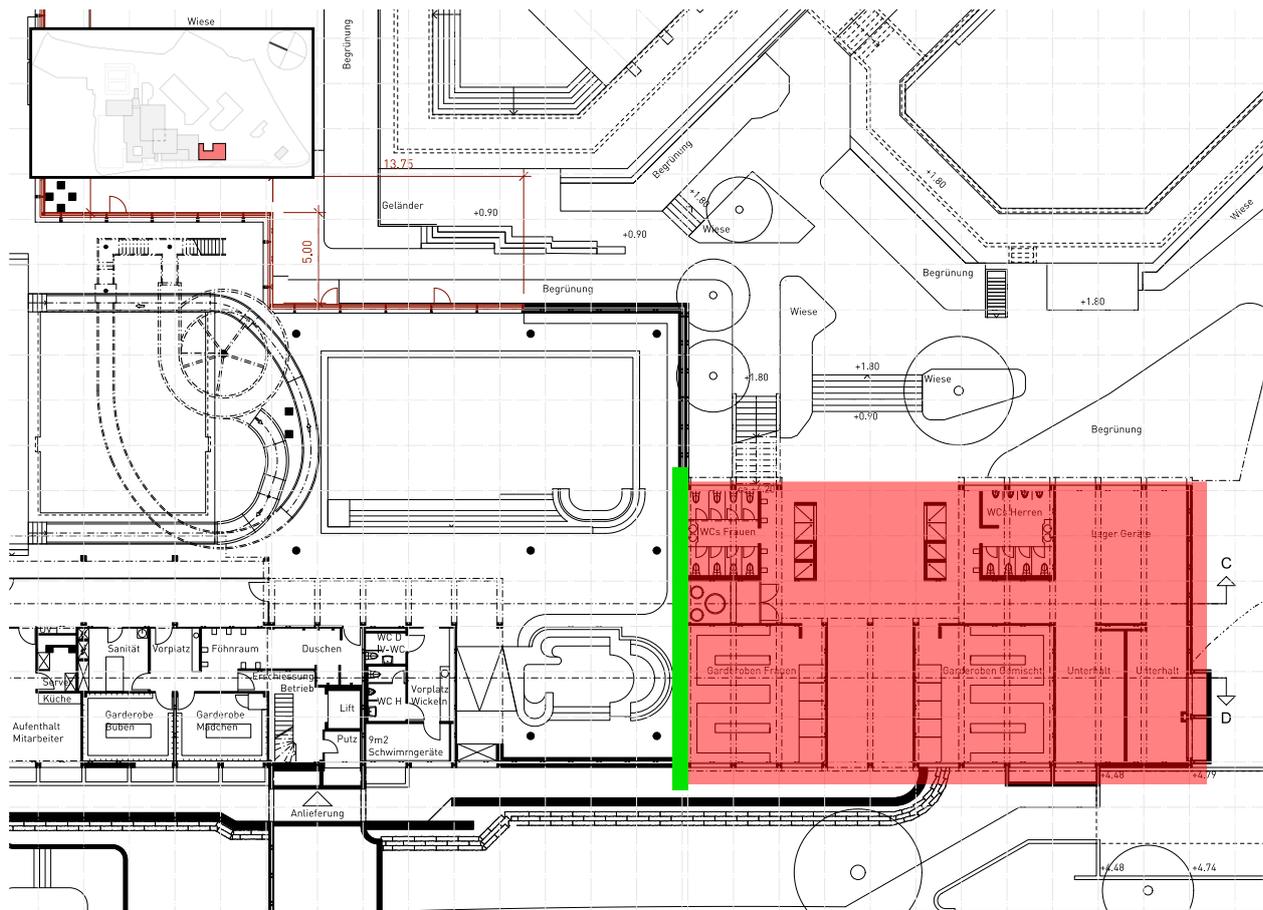


Bild 89 Untersucher Gebäudeteil Freibadgarderobe mit Dilatationsfuge (grün markiert)

12.2 Konstruktive Durchbildung

Da es sich um ein gemischtes Tragsystem (Stahlbeton- und Mauerwerksbauweise) (vgl. SIA 269/8, 4.2.2) handelt, gilt der tiefere Verhaltensbeiwert $q = 1.5$ für Mauerwerk SIA 266 [10].

Es wird eine monolithische Verbindung der Stützen mit der Bodenplatte und eine dementsprechende Einspannung vorausgesetzt.

12.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung erfolgt an einem kombinierten Stab- Schalenmodell mit der FE-Software AxisVM X6. Die Stützen und tragenden Wände, welche im Modell berücksichtigt werden, sind in Bild 90 dargestellt.

Die nördliche Betonwand in Achse 39 als Abgrenzung zum Lehrschwimmbekken ist im ursprünglichen Plan (Nr. 147/174, Schnitte 179-183, E. Ulrich 1972) als Betonwand eingetragen und wird dementsprechend als tragende Stahlbetonwand vorausgesetzt.

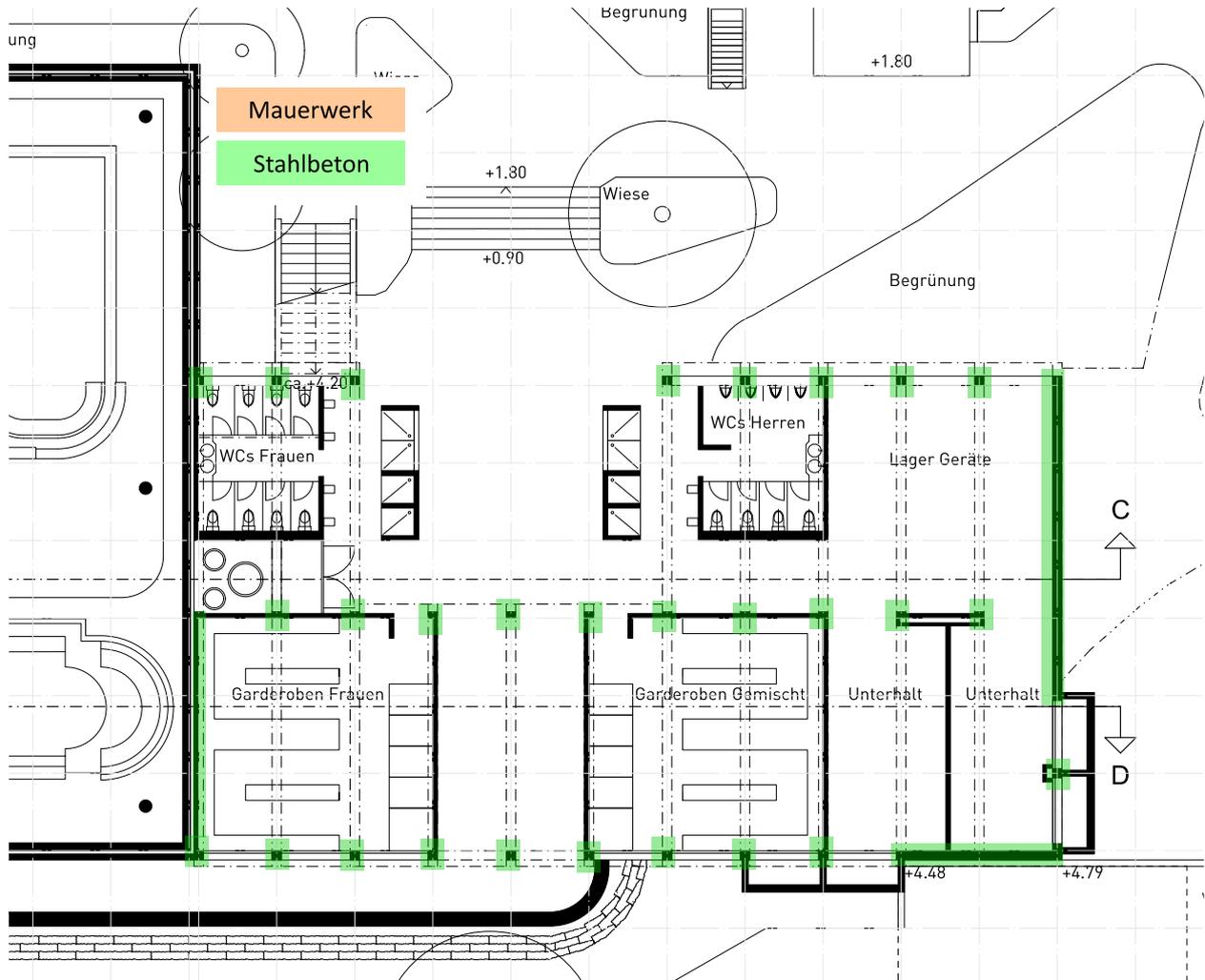


Bild 90 Berücksichtigte Stützen und tragende Wände im Modell

Die Steifigkeitsreduktion der Wände und Stützen erfolgt analog zu Kapitel 7.3.

12.4 Lastdefinitionen

Die Definition der Auf- und Nutzlasten ist in Bild 91 dargestellt.

a)

b)

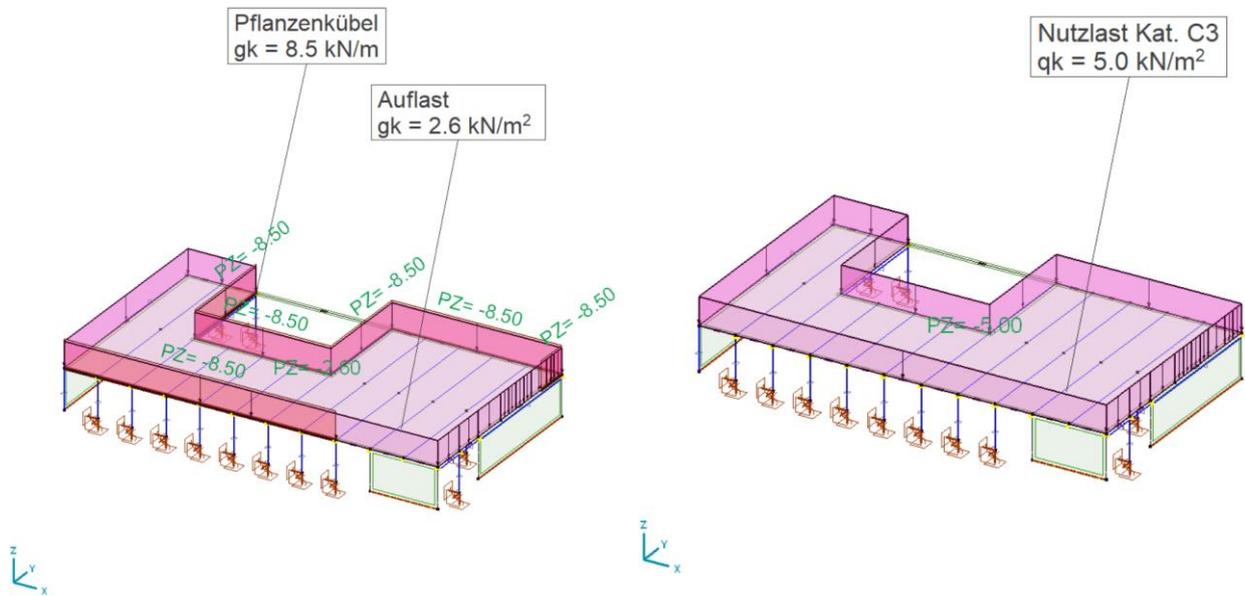


Bild 91 Lastdefinition Freibadgarderobe a) Auflasten, b) Nutzlast

12.5 Überprüfungssituation

Die massgebende Lastkombination für den untersuchten Gebäudeteil ist in Tabelle 47 dargestellt. Die Nutzlasten werden mit dem Reduktionsbeiwert ψ_2 berücksichtigt.

Lastkombination	Eigengewicht $g_{k,EG}$	Auflasten $g_{k,al}$	Erdbeben ASV A_d	Nutzlast Kat. C3 q_k
LK Beben Sauna	1.00	1.00	+/- 1.00	0.6

Tabelle 47 Lastkombination Freibadgarderobe

12.6 Antwortspektrumverfahren

12.6.1 Schwingungsanalyse

Für die Schwingungsanalyse werden die ständigen Lasten und die quasiständigen Anteile der Nutzlasten als schwingende Massen mit berücksichtigt. Die massgebenden Eigenformen sind in Bild 92 und Bild 93 dargestellt.

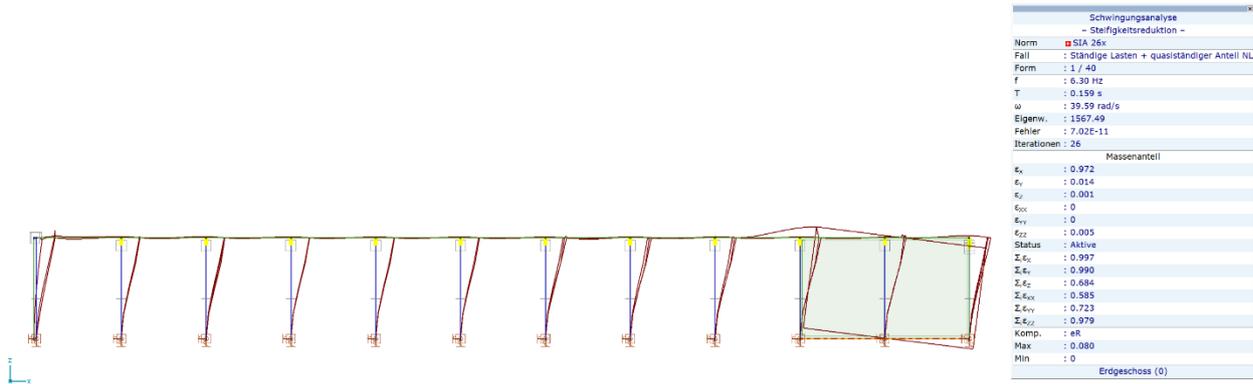


Bild 92 Freibadgarderobe: 1. Eigenform in x-Richtung. $T_1 = 0.159$ s, $f_1 = 6.30$ Hz, $\epsilon_y = 97.2\%$

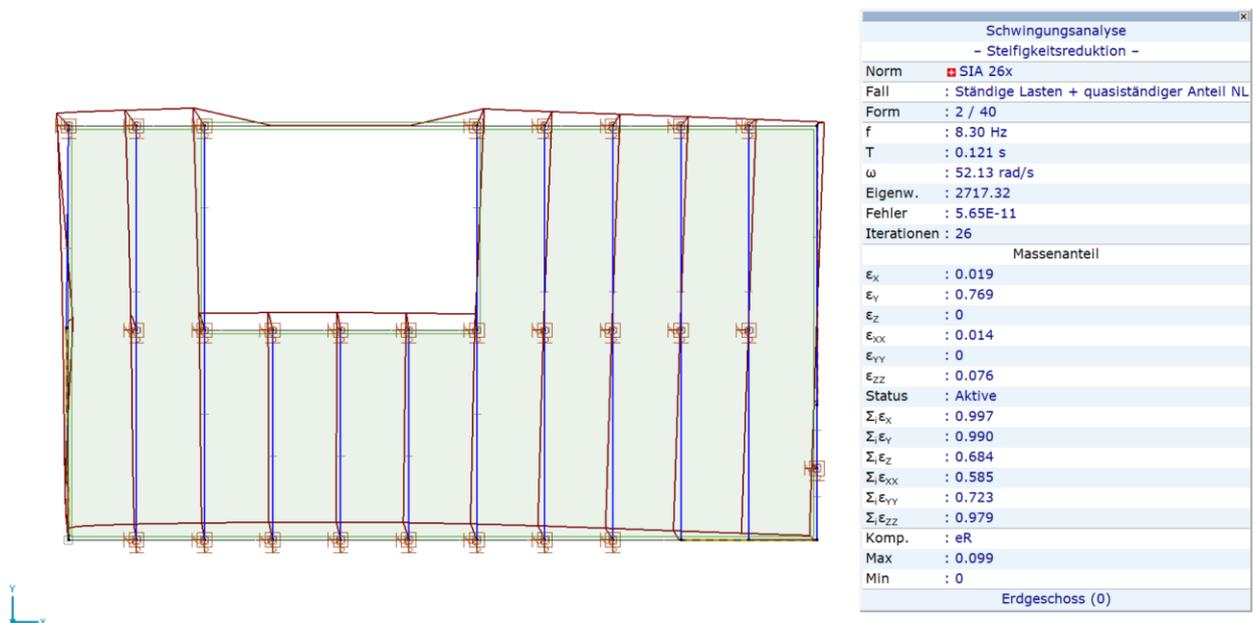


Bild 93 Freibadgarderobe: 2. Eigenform in y-Richtung. $T_2 = 0.121$ s, $f_2 = 8.30$ Hz, $\epsilon_x = 76.9\%$,

12.6.2 Modale Massen

Es werden die ersten 40 Eigenformen berücksichtigt (vgl. Tabelle 48). Die modalen Massenanteile liegen in horizontaler Richtung bei je 99% und in vertikaler Richtung bei 68%. Die nach Norm SIA 261 [6] geforderte Berücksichtigung von mindestens 90% der modalen Massen ist somit in horizontaler Richtung erreicht. Die vertikale Komponente der Erbebeneinwirkung ist in der vorliegenden Untersuchung von untergeordneter Bedeutung, weshalb der geringere modale Massenanteil akzeptiert wird.

	f [Hz]	T [s]	Fehler	ε_X	ε_Y	ε_Z	$\Sigma_i \varepsilon_X$	$\Sigma_i \varepsilon_Y$	$\Sigma_i \varepsilon_Z$
1	6.30	0.159	7.02E-11	0.972	0.014	0.001	0.972	0.014	0.001
2	8.30	0.121	5.65E-11	0.019	0.769	0	0.991	0.783	0.001
3	8.99	0.111	1.34E-11	0.002	0	0.044	0.993	0.783	0.045
4	9.80	0.102	1.10E-11	0	0.013	0.003	0.993	0.797	0.048
5	12.04	0.083	8.45E-12	0	0.011	0.001	0.993	0.808	0.049
6	12.48	0.080	5.59E-12	0	0.010	0.004	0.993	0.818	0.053
7	13.44	0.074	6.39E-12	0.001	0.001	0.088	0.994	0.818	0.141
8	13.82	0.072	8.95E-12	0.001	0	0.135	0.995	0.819	0.276
9	14.40	0.069	2.96E-11	0	0.010	0.005	0.995	0.829	0.281
10	15.59	0.064	5.10E-12	0	0	0	0.995	0.829	0.281
11	16.63	0.060	4.65E-12	0	0	0.109	0.995	0.829	0.391
12	17.11	0.058	9.42E-12	0	0.030	0.004	0.995	0.859	0.395
13	17.47	0.057	1.31E-11	0	0.117	0	0.995	0.975	0.395
14	17.96	0.056	4.97E-12	0.001	0.003	0.209	0.996	0.979	0.603
15	18.70	0.053	4.46E-12	0	0	0.001	0.996	0.979	0.604
16	20.25	0.049	3.39E-12	0	0	0.014	0.997	0.979	0.618
17	21.60	0.046	3.17E-12	0	0	0.002	0.997	0.979	0.620
18	23.82	0.042	2.53E-12	0	0	0	0.997	0.980	0.620
19	25.15	0.040	2.21E-12	0	0	0.003	0.997	0.980	0.623
20	25.40	0.039	2.57E-12	0	0	0.009	0.997	0.980	0.632
21	26.74	0.037	9.12E-12	0	0.002	0.001	0.997	0.982	0.632
22	26.95	0.037	4.41E-12	0	0	0.006	0.997	0.982	0.639
23	27.80	0.036	4.72E-12	0	0	0	0.997	0.982	0.639
24	29.39	0.034	2.18E-10	0	0	0.002	0.997	0.982	0.641
25	29.66	0.034	5.85E-10	0	0.001	0.008	0.997	0.983	0.649
26	30.37	0.033	1.17E-9	0	0	0	0.997	0.983	0.650
27	30.61	0.033	1.43E-9	0	0	0	0.997	0.983	0.650
28	30.74	0.033	7.73E-10	0	0.005	0.010	0.997	0.988	0.660
29	31.65	0.032	3.50E-9	0	0	0.003	0.997	0.988	0.663
30	32.85	0.030	3.71E-8	0	0	0	0.997	0.988	0.663
31	33.35	0.030	1.17E-7	0	0	0	0.997	0.988	0.663
32	33.76	0.030	5.17E-7	0	0	0	0.997	0.988	0.663
33	33.78	0.030	1.33E-7	0	0	0.004	0.997	0.989	0.667
34	34.40	0.029	4.24E-7	0	0	0.007	0.997	0.989	0.674
35	34.64	0.029	7.10E-7	0	0	0.001	0.997	0.989	0.675
36	35.05	0.029	1.84E-6	0	0	0.001	0.997	0.989	0.676
37	35.18	0.028	3.19E-6	0	0	0.004	0.997	0.989	0.680
38	35.28	0.028	2.05E-6	0	0	0	0.997	0.989	0.680
39	35.66	0.028	7.56E-6	0	0	0.002	0.997	0.990	0.682
40	35.80	0.028	5.22E-6	0	0	0.002	0.997	0.990	0.684
40/40				0.997	0.990	0.684			

f : Eigenfrequenz; T : Periodenzeit; **Fehler**: Der Fehler der Berechnung; ε_X : Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; ε_Y : Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung;
 ε_Z : Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung; $\Sigma_i \varepsilon_X$: Massenanteil der Schwingungsform in X Richtung; $\Sigma_i \varepsilon_Y$: Massenanteil der Schwingungsform in Y Richtung;
 $\Sigma_i \varepsilon_Z$: Massenanteil der Schwingungsform in Z Richtung;

Tabelle 48 Modale Massen Freibadgarderobe

12.6.3 Überprüfungsspektrum

Das Überprüfungsspektrum mit den Schwingzeiten der wichtigsten Eigenformen der Freibadgarderobe ist in Bild 94 dargestellt.

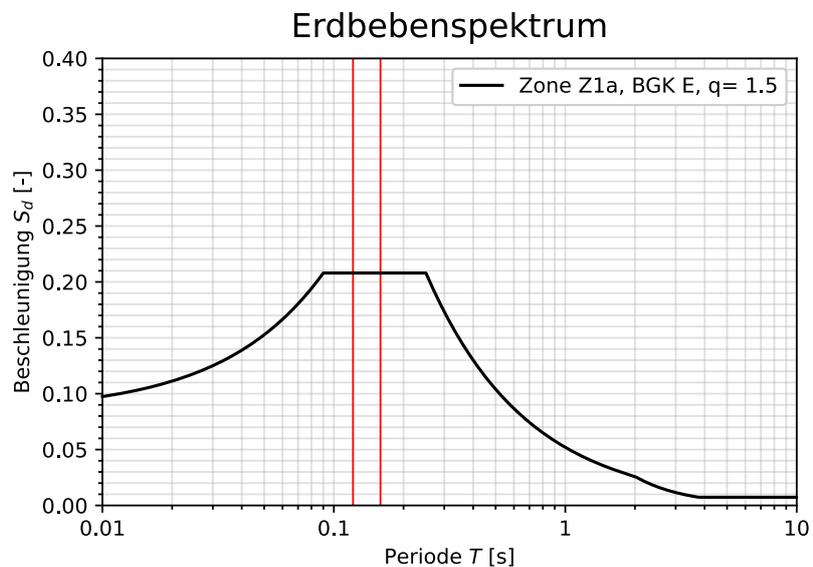


Bild 94 Überprüfungspektrum Freibadgarderobe

12.7 Beurteilung

Die Schwimmbadgarderobe ist lediglich ein einstöckiger Gebäudeteil. Es sind drei Stahlbetonscheiben vorhanden. Die Erdbebenstragsicherheit der Freibadgarderobe kann ohne weitere Untersuchung als unkritisch beurteilt werden.

13 Konstruktive Beurteilung

13.1 Tragende Mauerwerkswände

Die Überprüfung der Gebäudeteile hat aufgezeigt, dass die Normalkraftbeanspruchung der Mauerwerkswände vielerorts zu gering ist, als dass diese Horizontalkräfte aufnehmen könnten. Es sind zudem keine Details zu der genauen Ausführung bekannt. Dies betrifft vor allem die Ausbildung der Fugen zwischen den Mauerwerkswänden und den Betondecken. Es ist nicht bekannt, ob z.B. Hochbaulager eingesetzt wurden, wodurch die Mauerwerkswände keine Horizontalkräfte aufnehmen würden. Sind keine Hochbaulager eingesetzt und ist eine Übertragung von horizontalen Kräften auf die Mauerwerkswände möglich, so sind Schäden an den Mauerwerkswänden zu erwarten.

Ohne weitere detaillierte Untersuchungen kann keine abschliessende Beurteilung der Mauerwerkswände erfolgen.

13.2 Stahlstützen durch Betondecken

Die Hauptstützen der Stahlhallen durchdringen die Betondecken über EG und UG. Der Spalt zwischen Decke und Stützen ist verfüllt, in der vorliegenden Überprüfung wird eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Stützen und Decken vorausgesetzt. Es findet eine Einleitung von horizontalen Kräften in die Decke statt.

Im Fall der Stützen des Lehrschwimbeckens (Bild 95b) kann die Kraftweiterleitung in der Decke nachgewiesen werden (Abschnitt 5.7.3). Von den Decken, durch welche die Stützen der Schwimm- und Sprunghalle hindurch laufen (Bild 95a), sind keine Bewehrungspläne vorhanden, weshalb die lokale Krafteinleitung nicht nachgewiesen werden kann.

a)



b)



Bild 95 Deckendurchdringung der Stützen der Schwimm- und Sprunghalle (a) und Lehrschwimbeckens (b)

13.3 Bewehrungsführung

Von den meisten Betonbauteilen sind keine Bewehrungspläne vorhanden. Für die vorliegende Überprüfung wird für die Bewehrungsführung folgendes vorausgesetzt:

- Bügelbewehrungen sind voll verankert
- Die Einleitung der Scheibenkräfte in die Wände ist gewährleistet (beispielhaft: Bild 96)

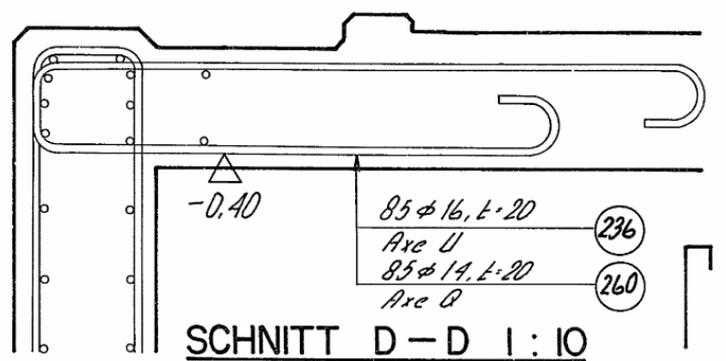


Bild 96 Ausschnitt Armierungsplan Nr. 91205-35, Ernst Basler & Partner: Beispiel für vorausgesetzte Bewehrungsführung für die Krafteinleitung in die Wände

13.4 Dilatationsfugen und Verschiebungen Stahlhallen

In diesem Kapitel werden die Verschiebungen der einzelnen Gebäudeteile untersucht. Dabei liegen mögliche Kontaktstellen zwischen Bauteilen, welche im Erdbebenfall gegeneinander anprallen könnten, im Fokus.

Sämtliche Dilatationsfugen haben eine planmässige Breite von 1 cm, wie in den Schnitten in Bild 97 und Bild 98 dargestellt ist.

Es gilt anzumerken, dass bei der Modellierung der Gebäudeteile zum Teil Mauerwerkswände berücksichtigt wurden, für welche der Nachweis der Übertragung von Horizontalkräften nicht erbracht werden konnten. So überschätzen die Modelle tendenziell die Steifigkeit gegenüber dem tatsächlichen Zustand im Erdbebenfall und es sind grössere Verschiebungen als angegeben möglich.

13.4.1 Decke über UG

In den vorangehenden Kapitel wurden nur von der Turnhalle, der Schwimmbadgarderobe und des Gebäudeteils mit der Heizung die Decke über UG modelliert. Von den übrigen Gebäudeteilen wird vorausgesetzt dass die Verschiebungen der Decke über UG vernachlässigbar klein sind.

Die Verschiebungen der Decken über UG sind in Bild 99 dargestellt. Der minimale Erfüllungsfaktor betreffend Zusammenprallen der Decken über UG Garderobe und Turnhalle beträgt in Ost-West Richtung:

$$\alpha_{eff} = \frac{b_{Fuge}}{u_{tot}} = \frac{10 \text{ mm}}{3 \text{ mm} + 2 \text{ mm}} = 2.0$$

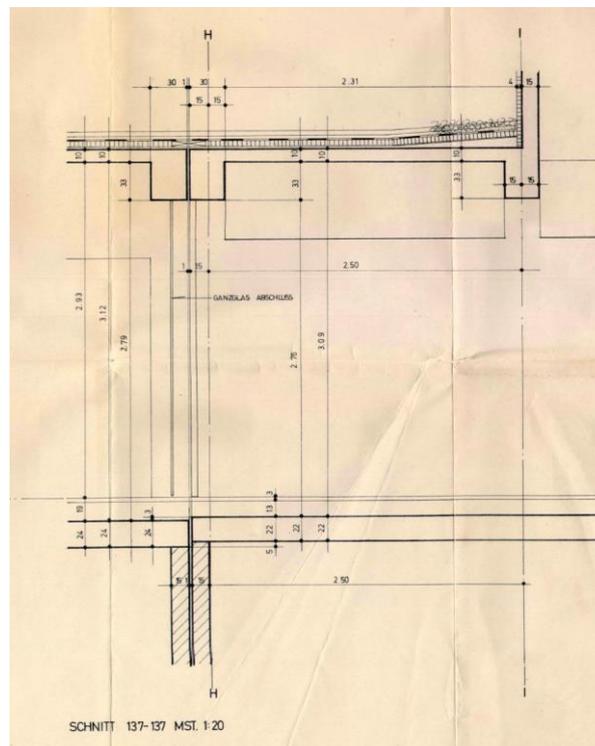


Bild 97 Schnitt 137 durch Decke über UG und EG (Lage siehe Bild 99), Planausschnitt Plan Nr. 147-128, E. Ulrich, 1972

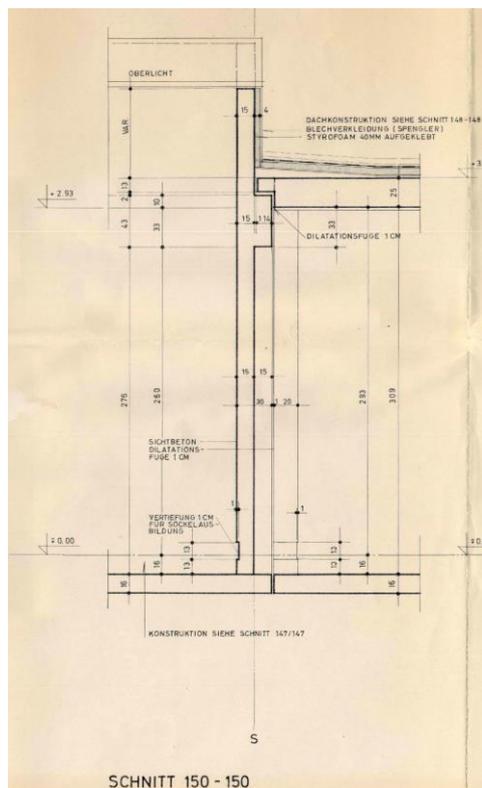


Bild 98 Schnitt 150 durch Decke über UG und EG (Lage siehe Bild 99), Planausschnitt Plan Nr. 147-154, E. Ulrich, 1972

13.4.2 Decke über EG

Die Verschiebungen der Decken über EG sind in Bild 100 dargestellt. Die minimalen Erfüllungsfaktoren betragen in Ost-West-Richtung (zwischen Garderobe und Turnhalle):

$$\alpha_{eff} = \frac{b_{Fuge}}{u_{tot}} = \frac{10 \text{ mm}}{12 \text{ mm} + 3 \text{ mm}} = 0.7$$

und in Nord-Süd-Richtung (zwischen Garderobe und Eingangshalle, resp. Empore im Schwimmbad):

$$\alpha_{eff} = \frac{b_{Fuge}}{u_{tot}} = \frac{10 \text{ mm}}{13 \text{ mm} + 5 \text{ mm}} = 0.55$$

13.4.3 Decke über OG1

Die Verschiebungen der Decken über OG1 sind in Bild 101 dargestellt. Der minimale Erfüllungsfaktor beträgt in Nord-Süd-Richtung (zwischen Sauna Nord und Sauna Süd):

$$\alpha_{eff} = \frac{b_{Fuge}}{u_{tot}} = \frac{10 \text{ mm}}{8 \text{ mm} + 7 \text{ mm}} = 0.67$$

13.4.4 Stahlhallen

Die Verschiebungen der Stahlhallendecken sind in Bild 102 dargestellt. Die Dachebenen liegen auf unterschiedlichen Höhen und können nicht zusammenstossen. Ein Aufprall einer Dachebene auf die Fassade einer anderen Stahlhalle kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

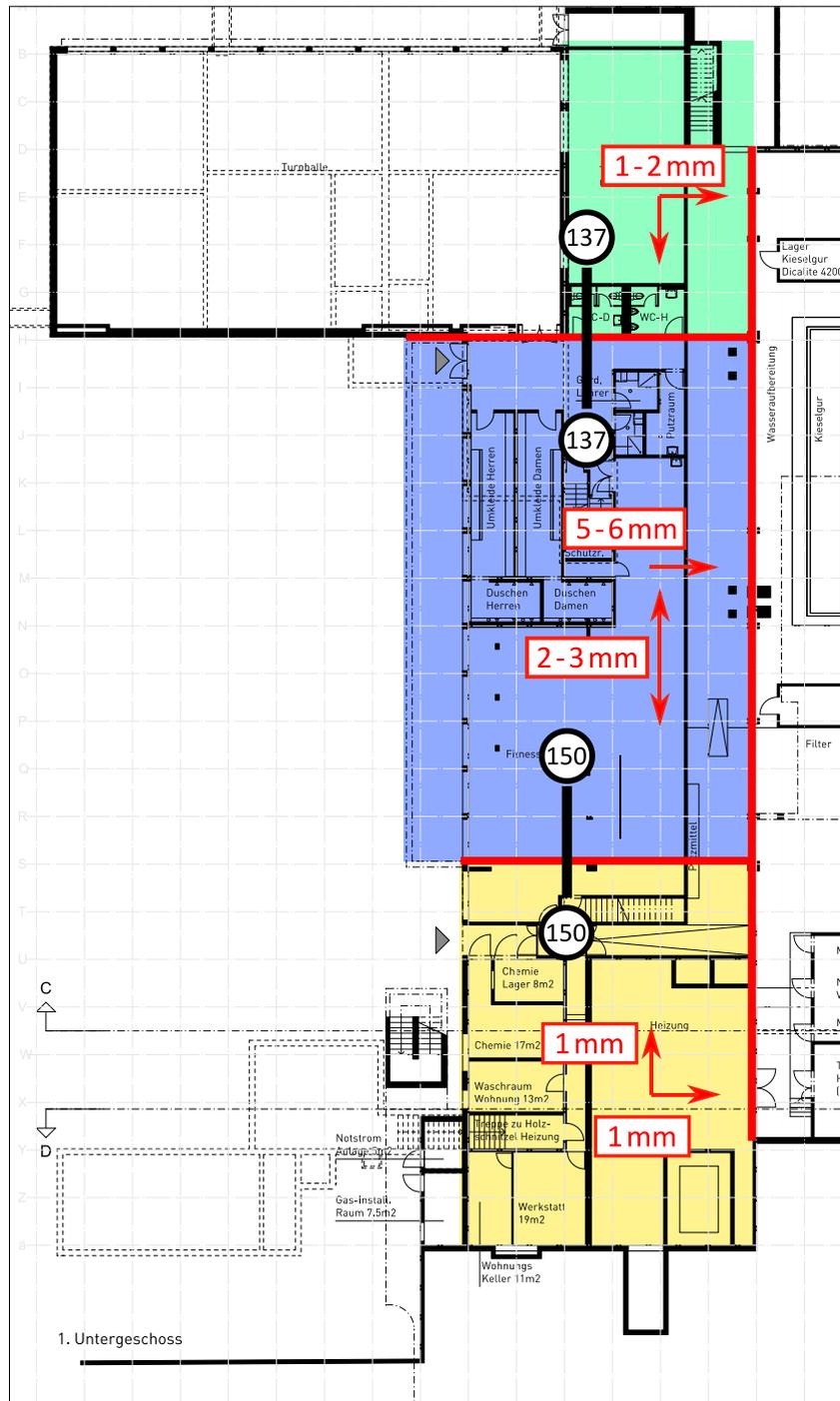


Bild 99 Verschiebungen Decke über UG, Dilatationsfugen rot eingezeichnet

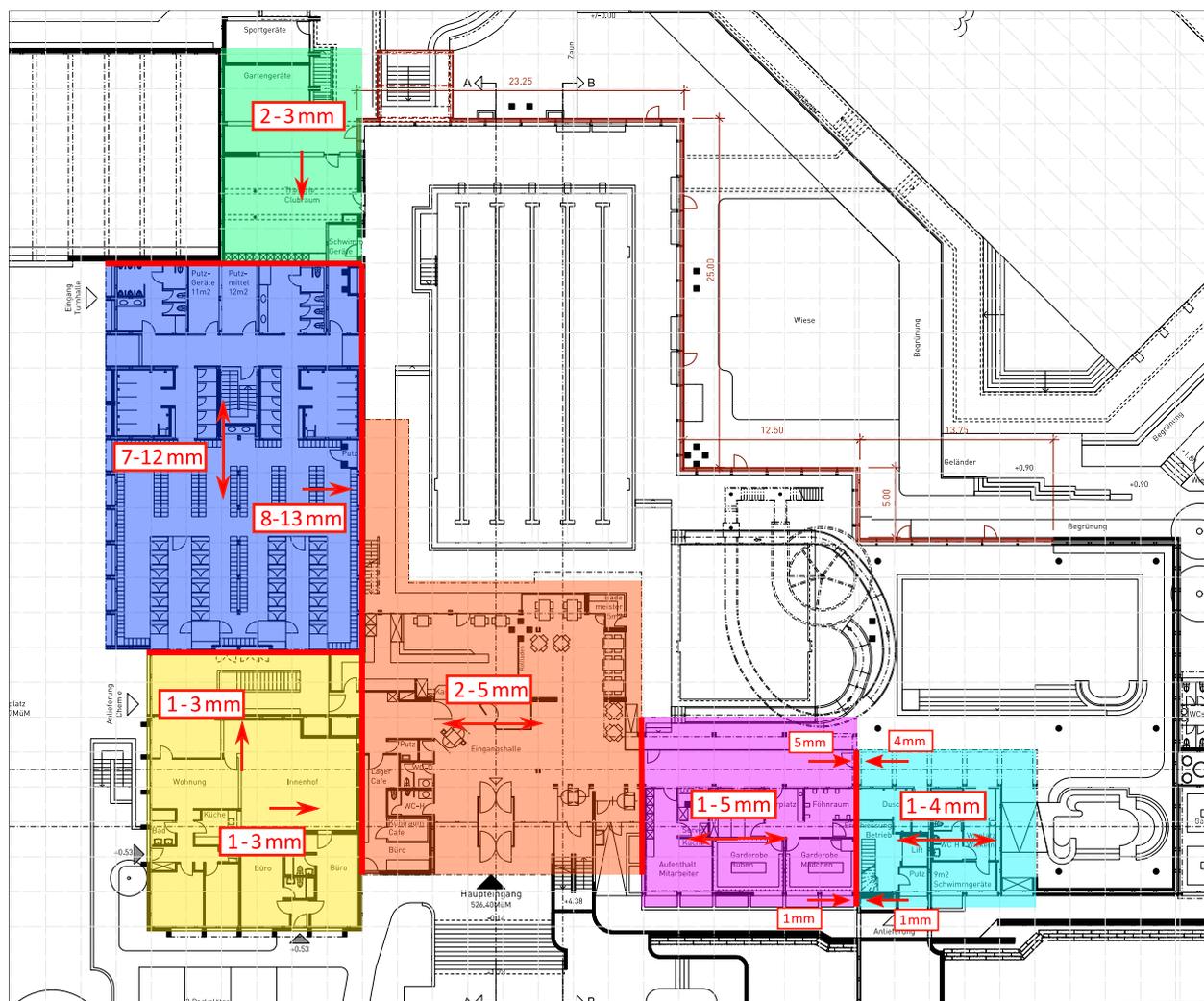


Bild 100 Verschiebungen Decke über EG, Dilatationsfugen rot eingezeichnet

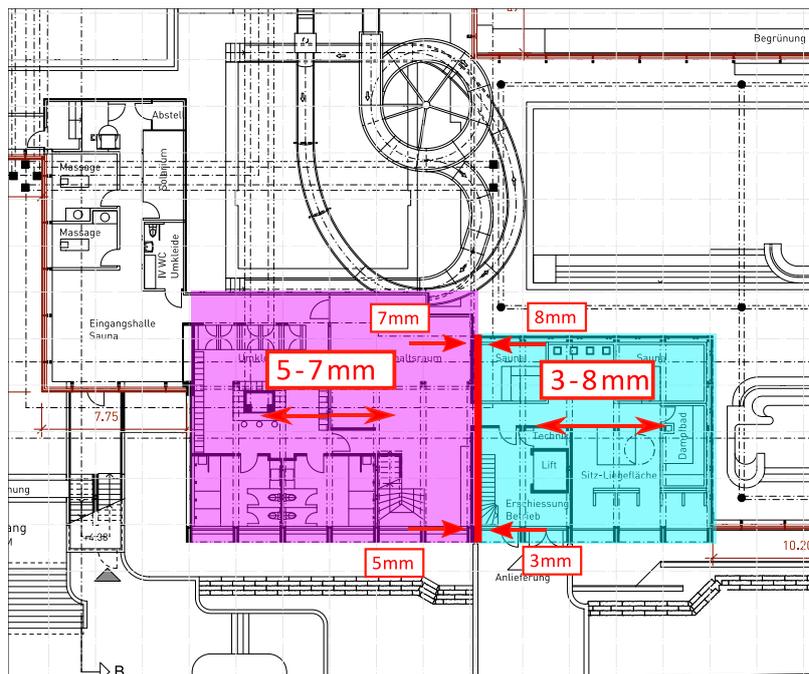


Bild 101 Verschiebungen Decke über OG1, Dilatationsfugen rot eingezeichnet

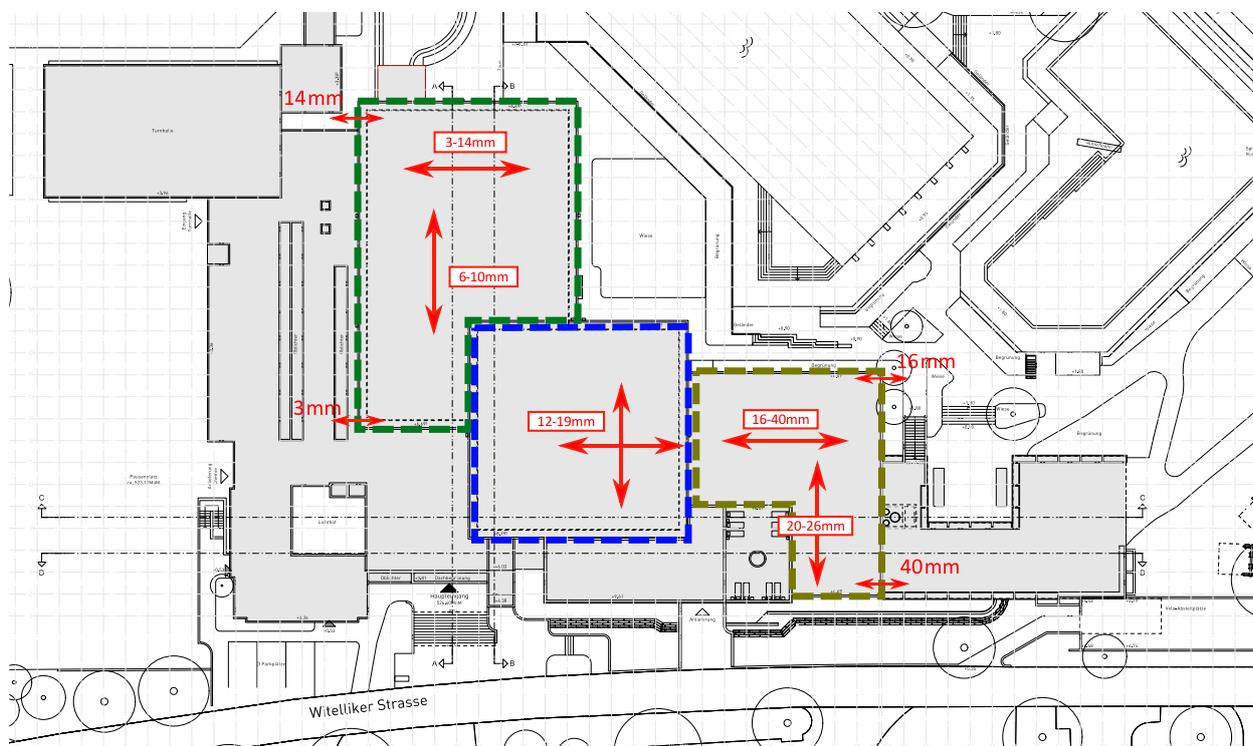


Bild 102 Verschiebungen der Dachebenen der Stahlhallen

14 Sekundäre Bauteile

14.1 Innenliegende Mauerwerkswand Turnhalle

In der Turnhalle ist eine Mauerwerkswand J15 den Stahlbetonwänden vorgesetzt. Gem. Plänen, z.B. Bild 103, ist diese Vormauerung mit der Stahlbetonwand verbunden, genaue Angaben zu diesen Halterungen sind aber nicht bekannt. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Standsicherheit dieser Vormauerung zu gewährleisten, resp. sicherzustellen, dass im Erdbebenfall die oberen Mauersteine aufgrund fehlender Verankerung und Druckbeanspruchung nicht aus der Mauer fallen und somit ein Risiko für die Benutzer der Turnhalle darstellen.

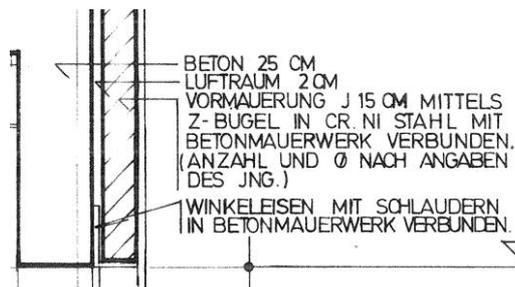


Bild 103 Ausschnitt Plan Nr. 147/111, Turnhalle Garderobe, Schnitte 40-46, E. Ulrich 1971

14.2 Rutschbahn

Die Erdbebensicherheit der Rutschbahn ist eine Thematik ausserhalb der Tragwerksnormen. Falls erforderlich, müssen die Nachweise der Tragsicherheit beim Hersteller eingeholt werden.

14.3 Fassaden und heruntergehängte Decken

Fassaden und heruntergehängte Decken sind Teil des Sanierungsprojekts und werden nicht weiter untersucht.

14.4 Verglasung Empore

Um eine verlässliche Aussage zur Gefährdung durch die Verglasung der Empore treffen zu können, sind genauere Untersuchungen notwendig.

14.5 Mauerwerkswände bei Umbauten

Die Stabilität der Mauerwerkswände, welche bei Umbauten nachträglich eingebaut wurden und senkrecht zur Wandebene kann nicht abschliessend beurteilt werden. Es wird eine Beurteilung der nicht tragenden Mauerwerkswände vor Ort empfohlen. Wände, deren Standsicherheit als kritisch beurteilt wird, können mit Winkel gehalten werden.

Erweiterung und Erneuerung Schwimmbad Fohrbach, Zollikon

Stahltragwerk, Stahlstützen

Korrosionsschutzkonzept



Bauherr: Gemeinde Zollikon Bergstrasse 20 8702 Zollikon

Vertreten durch Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG
Limmatstrasse 275
8005 Zürich
Kontaktperson: Herr David Schlatter

Datum: 08.05.2022

Dateiname, Version: KK2022 BB-Rheinbrücke Lustenau-Widnai_V0

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Zweck	3
3.	Berücksichtigte Gutachten, Berichte	3
4.	Zielvorgaben	3
5.	Korrosivitätskategorie	3
6.	Angaben zum Objekt	4
6.1	Allgemeine Daten	4
6.2	Stahltragwerk - Bereich Stützen	5
6.3	Chronologie Korrosionsschutzarbeiten	5
7.	Erschwernisse	7
8.	Korrosionsschutz - Systemeinteilung	8
9.	Ablauf Korrosionsschutzarbeiten	13
9.1	Demontearbeiten, Erstellen der Zugänglichkeit.....	13
9.2	Installationen	16
9.3	Entschichtung	18
9.4	Prüfungen und Modifikationen am Stahltragwerk	19
9.5	Nachstrahlen	19
9.6	Anforderungen an die Ausführung der Beschichtungen	20
9.7	Beschichtungssysteme.....	22
9.8	Prüfung der Porenfreiheit.....	23
10.	Qualitätssicherung	24
11.	Richtlinien, Verordnungen, Weisungen, Normen	25

1. Einleitung

Dieses Korrosionsschutzkonzept zeigt die Wahl der Prozesse und Stoffe im Hinblick auf einen langfristigen Korrosionsschutz in anspruchsvoller Umgebung auf.

Es berücksichtigt insbesondere die bekannten Erschwernisse bei einer Sanierung resp. Vollerneuerung des Korrosionsschutzes wie Umweltaspekte, Korrosion, Korrosionsstimulatoren, sowie die bekannten konstruktiv gegebenen Schwachstellen.

2. Zweck

Die *Besonderen Bestimmungen BB* beziehen sich vorerst auf die Probestellen. Sie beschreiben die Aufgaben, Erschwernisse, Ablauf und die zwingenden Qualitätsanforderungen für die definitiven Korrosionsschutzarbeiten, auch im Sinne einer vorgezogenen Verfahrensprüfung

Die BB sind Bestandteil des Werkvertrages.

3. Berücksichtigte Gutachten, Berichte

- [1] Schwimmbad Fohrbach, Zollikon: Zustandsaufnahme Stahlkonstruktion per Ende 2013 [Verfasser: Kontra Korrosion Rickenbacher GmbH, Datum: 17.03.2014]
- [2] Schwimmbad Fohrbach, Zollikon: Investitionsplanung 2016 [Verfasser: TBF + Partner AG; Datum: 12.06.2016]
- [3] Prüfbericht Nr. 5'214'018'867 der EMPA, 05.09.2018. Visuelle Zustandsbegutachtung Hallenbad Fohrbach Hallendächer und -zwischendecken.

4. Zielvorgaben

Bezüglich Schutzdauer Korrosionsschutz (gibt es eine Nutzungsvereinbarung?)

- mind. 40 Jahre bis zur nächsten Erneuerung des Korrosionsschutzes
- Fernziel ist eine möglichst lange Schutzdauer
- Schutzdauerklasse nach ISO 12944: sehr hoch (über 25 Jahre)

5. Korrosivitätskategorie

Standort Schwimmbad: C2 bis C3

Stützen im Freien:

- auf belüfteten Flächen: C2 bis C3
- im Kleinklima (Mikroklima) unter Ablagerungen, in schlecht belüfteten Nischen: entsprechend etwa C4

Stützen im Innern:

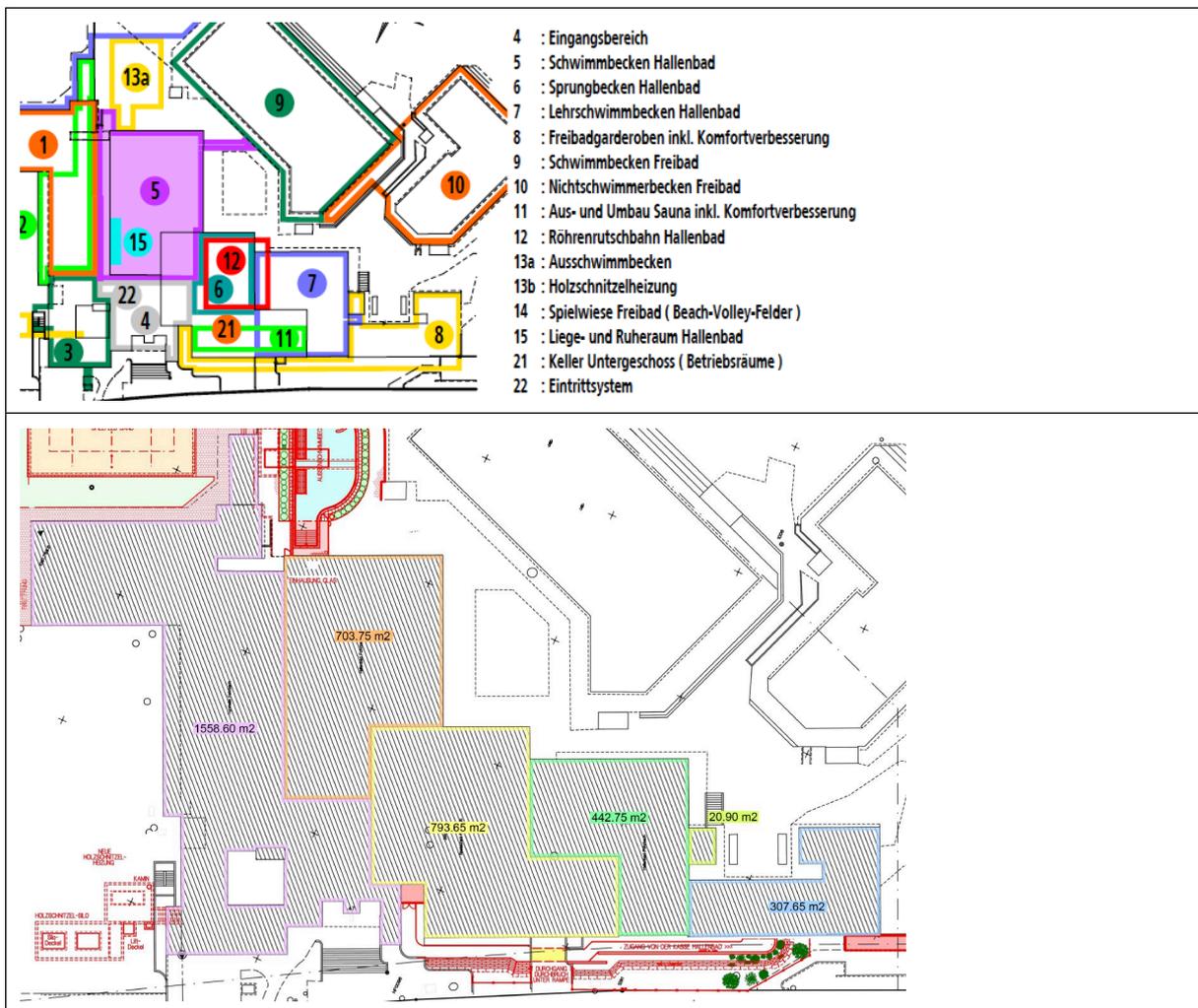
- Übergangsbereich Dach Durchdringung Wärmedämmung: etwa C2 (da abgedichteter Dachzwischenraum?)

- auf belüfteten Flächen mit Badeluft: C5
- Übergangsbereich Stütze-Boden: C5 ...Im 1

6. Angaben zum Objekt

6.1 Allgemeine Daten

Das Schwimmbad wurde 1972/73 erbaut. Situation:



Die betroffenen tragenden Stahlkonstruktionen betreffen:

- Schwimmhalle (ca. 37.50 m x 25.00 m, 703.75 m²)
- Sprunghalle (ca. 25.00 x 25.00 m, 793.65 m²)
- das 1994 erstellte Lehrschwimmbekken (442.75 m²):

6.2 Stahltragwerk - Bereich Stützen

- **Hauptlaststützen** (aussen, innen) und auf dem Dach:
Kastenquerschnitt 400 x 400 mm aus 4 Stk. L-Profilen 200/200/18
- **Fassadenstützen** in den Hallen (zwei Jahrgänge: 1972, 1992)
 - Eckstützen (Hohlprofil 260/140/8)
 - Fassadenstützen (Hohlprofil 260/140/6.3)

6.3 Chronologie Korrosionsschutzarbeiten

Es fanden bereits zwei Instandsetzungen statt: 1991/92 und 2004.

Zu den ausgeführten Instandsetzungsmassnahmen und insbesondere zu den Korrosionsschutzmassnahmen sind aber weder detaillierte Unterlagen zum Aufbau, zu Umfang und Art der Teilsanierung, noch zu verwendeten Produkten vorhanden, und zwar weder für die Arbeiten im Jahr 91/92 noch diejenigen im Jahr 2004.

Gemäss den später erhaltenen Unterlagen sind immerhin einige Informationen zur korrosionstechnischen Vorgeschichte aufgeführt:

- 1) Es war von Stahlkonstruktionen im Innern mit Asbestisolation die Rede, sowie von Korrosion unter der Asbestbeschichtung, und dass - nach Entfernung der Asbestisolation - eine zerstörte Schutzbeschichtung und Korrosion vorgelegen habe, jedoch noch ohne Materialabtrag.

Kritisch sei insbesondere der Boden am Dachrand (Anm. infolge reduzierter Luftzirkulation und Kältebrücken)

Könnten noch Asbest-Reste vorhanden sein?

- 2) Ausserdem ist die damalige Schichtdicke des Erstschatzes für die Stahlkonstruktion im Innern als einschichtiger Einkomponenten Kaltzinkanstrich“ mit im Mittel 40 μm ausgewiesen, was sehr gering ist.
- 3) Nach rund 10 Jahren wurden die Hauptlaststützen ausbetoniert.
- 4) Im Bericht der EMPA von 1989 geht hervor, dass die Stahlkonstruktion nur im Bereich der Aussenfassade zonenweise korrodiert sei und eine Erneuerung des Korrosionsanstrichs empfohlen wird.
Ausserdem sei - wenig überraschend - auf der Tragwerkskonstruktion eine hohe Chloridbeaufschlagung gemessen worden
Offensichtlich ist die Erneuerung inkl. Asbestsanierung in den Jahren 1991/92 umgesetzt worden. Dazu sind keine Unterlagen zur Ausführung (Total- oder Teilerneuerung) und zu verwendeten Beschichtungsstoffen vorhanden.

Könnten noch Asbest-Reste vorhanden sein?

- 5) Die Korrosionsschutzsysteme für die Stahlkonstruktion im Innern sind im Jahr 2004 erneuert worden, ebenso diejenigen der aussenbewitterten Stützen. Dazu sind keine Unterlagen zur Ausführung (Total- oder Teilerneuerung) und zu verwendeten Beschichtungsstoffen (Ein- oder Zweikomponenten) vorhanden.

Analysen notwendig

Ergänzende Angaben zur abgehängten Decke:

- *Es ist in den alten Unterlagen (1989) von „verzinkten Oesendrähten für die Aufhängung der Holzdecke“ die Rede (1989).*
- *Es ist weiter „verzinkter Stahl für die Abhängungen“ erwähnt, der „eine obere Schlaufe besitzt“, und der mattgrau sei.*

1989 waren offenbar noch keine Gewindestangen eingesetzt.

- *Wann genau und in welchem Umfang Gewindestangen eingesetzt und ersetzt worden sind, ist nicht dokumentiert. Die Vermutung ist, dass sie im 2004 teilweise ersetzt wurden. Es sind keine Unterlagen vorhanden.*

Aufgrund der letzten Untersuchungen handelt sich um M10 Gewindestangen, verzinkt. Wahrscheinlich galvanisch verzinkte und keine Stückgutverzinkung mit mehr Schichtdicke.

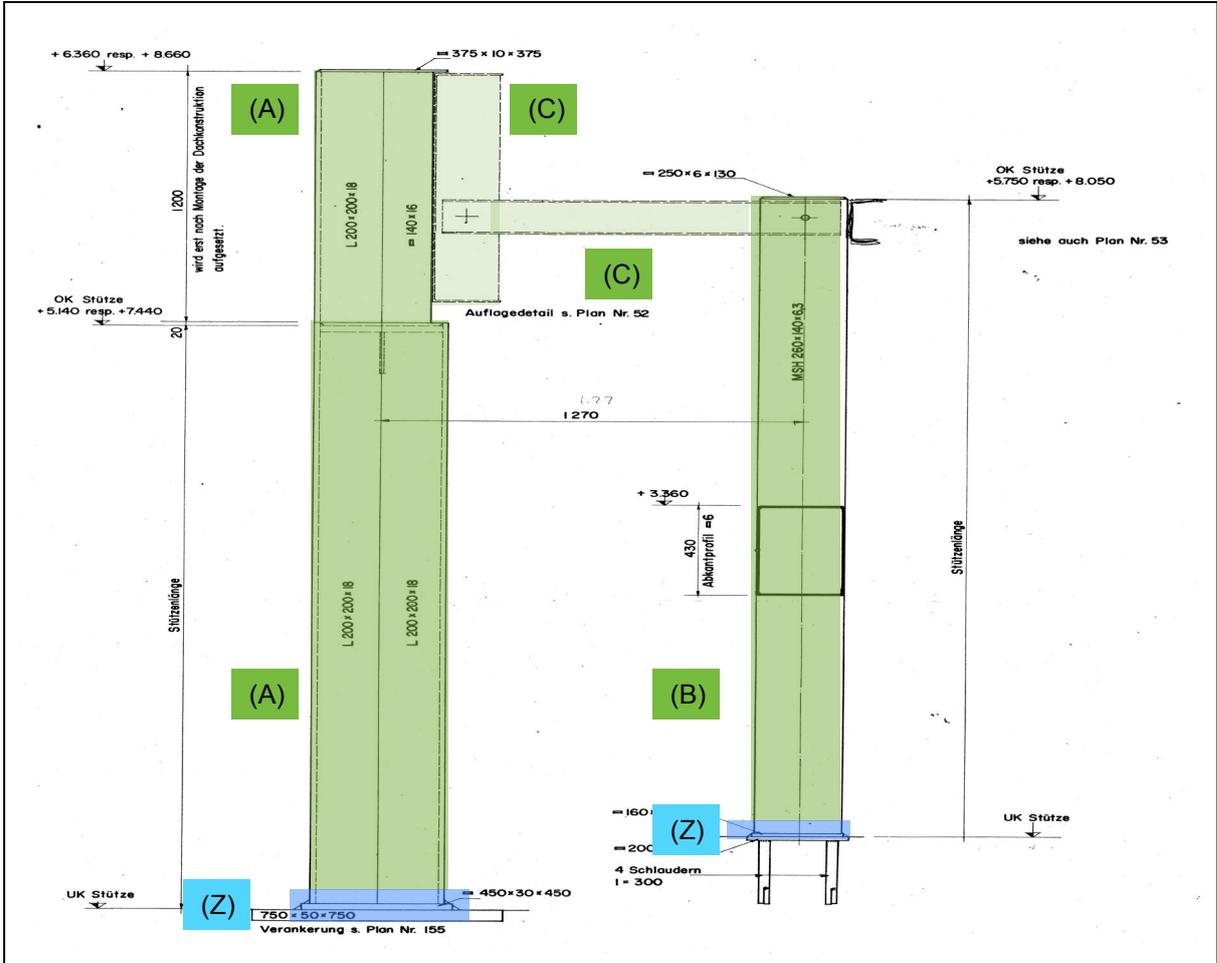
Insgesamt lässt sich keine Abtragsrate in μm Zink pro Jahr herleiten. Deshalb ist das vorgeschlagene Monitoring zur Überwachung angezeigt. Dieser Vorschlag könnte noch ausgebaut werden für die Überwachung des Dachraums

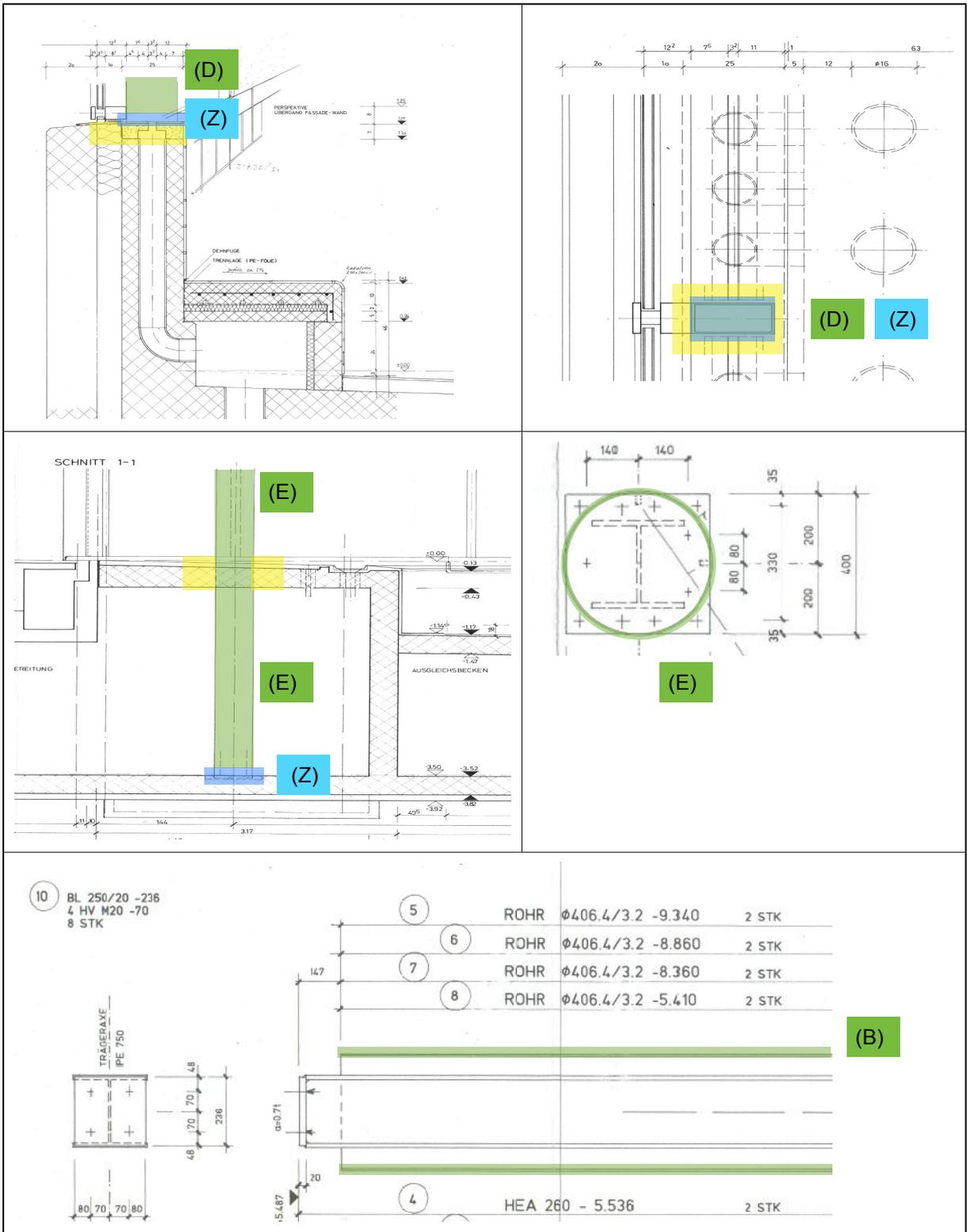
7. Erschwernisse

- 1) Zugänglichkeit
- 2) PCB-haltige Fugen
- 3) Reste der Altbeschichtung
- 4) Allenfalls Reste einer alten Dämmung (mit Asbest)
- 5) Korrosionsstimulatoren

8. Korrosionsschutz - Systemeinteilung

Gemäss den alten Plänen:





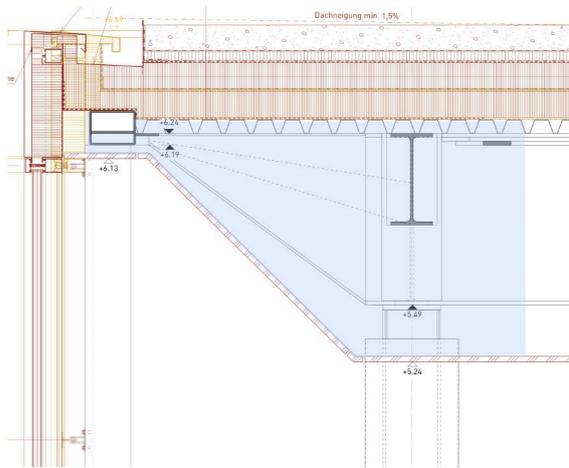
Legende

System	Beanspruchung	KS-Aufbau Bestand	Analyse vorh.	Bemerkungen
(A)	Aussenbewittert	unbekannt	Nein	
(B)	Innenbereich, Badluft	unbekannt	Nein	Deckenbereich: Wärmedämmungsreste aus dem Bestand mit Asbest? Fugen mit PCB
(C)	Aussenbewittert	unbekannt	Nein	Deckenbereich: Wärmedämmungsreste aus dem Bestand mit Asbest?
(D)	Innenraum, Badluft	Duplexsystem: - Feuerverzinkung - Beschichtung	Nein	Die Feuerverzinkung ist komplett abzustrahlen (Blasenbildung im Fussbereich; womöglich im Ansatz noch anderweitig) Fugen mit PCB Korrosion im Fussbereich Korrosion im Stützeninneren? Wasser im Stützenfuss? (Bohrungen sind vorhanden)
(E)	Innenraum, Badluft	unbekannt	Nein	Deckenbereich: Wärmedämmungsreste aus dem Bestand mit Asbest?
(Z)	Erdreich, Beton, Tropfwasser Bad, Niederschlags- wasser	unbekannt	Nein	Korrosion ist zu erwarten Bereich der Überdeckung wahrscheinlich ohne Beschichtung versehen: Bimetallkorrosion an Phasengrenze (ist frei zu legen)
	Der Bereich ist auf 30 cm frei zu legen			

zum Vergleich: Auszug neue Pläne

<h3>Aussenstützen, innere Stützen im Schwimmbad</h3>	
	<p>Wie ist das Klima oberhalb der Decke an der Stahloberfläche?</p> <p>Wird es mit Überdruck mit Sauberluft von aussen gefahren oder wird die Feuchtluft von den Bädern hier abgesaugt?</p> <p>Kann am Vierkantrohr eine Taupunktunterschreitung und Luftfeuchtigkeiten oberhalb 80% im Normalfall ausgeschlossen werden?</p>

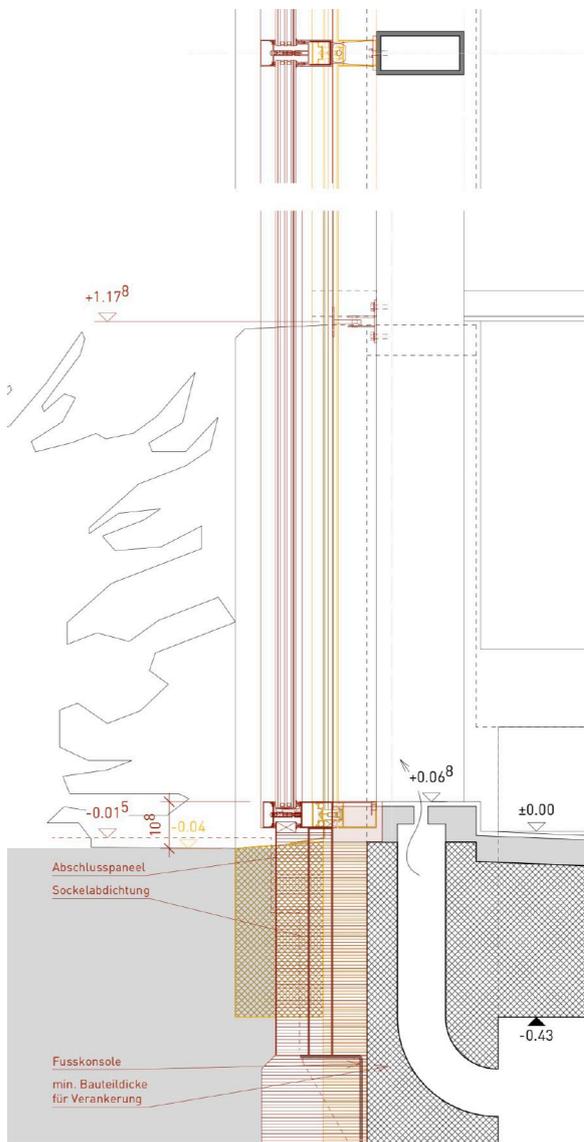
Lehrschwimmbecken



Wie ist das Klima oberhalb der Decke an der Stahloberfläche?

Wird es mit Überdruck mit Sauberluft von aussen gefahren oder wird die Feuchtluft von den Bädern hier abgesaugt?

Kann am Vierkantröhr eine Taupunktunterschreitung und Luftfechtigkeiten oberhalb 80% im Normalfall ausgeschlossen werden?



Wie sieht hier der Stützenfuss aus?

9. Ablauf Korrosionsschutzarbeiten

9.1 Demontearbeiten, Erstellen der Zugänglichkeit

Für die Korrosionsschutzarbeiten müssen alle beschichtete Flächen bis inkl. 5 cm der Überdeckung durchgängig zugänglich gemacht werden. Das gilt insbesondere für die durch das Badwasser und die Badluft verstärkt korrosiv beanspruchten Stützen und vor allem für die Durchdringungen, wo Korrosion aufgetreten ist und wo die Oberflächenvorbereitung auch in Mulden kompromisslos umzusetzen ist.

Das verlangt einige Demontearbeiten sowie das Freilegen von Flächen, bei der an der Substanz gearbeitet werden muss.

Nachfolgend die Mindestabstände gemäss Stand der Technik (SN EN ISO 12944-3):

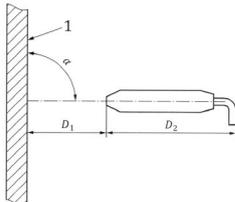
EN ISO 12944-3:2017 (D)

Anhang A
(informativ)

Zugänglichkeit und Erreichbarkeit — Typische Abstände für Werkzeuge, die bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten erforderlich sind

Tabelle A.1 — Typische Abstände für Werkzeuge, die bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten erforderlich sind

Vorgang	Länge des Werkzeugs D_2 mm	Abstand zwischen Werkzeug und Untergrund D_1 mm	Arbeitswinkel α Grad (°)
Strahlen	800	200 bis 400	60 bis 90
Reinigen mit maschinell angetriebenen Werkzeugen			
— mit Nadelpistole	250 bis 350	0	30 bis 90
— durch Schaben/Schleifen	100 bis 150	0	—
Reinigen mit Handwerkzeugen			
— durch Bürsten/Klopfen	100	0	0 bis 30
Thermisches Spritzen von Metall	300	150 bis 200	90
Beschichten			
— durch Spritzen	200 bis 300	200 bis 300	90
— mit Pinsel	200	0	45 bis 90
— mit Rolle	200	0	10 bis 90



Legende

1 Untergrund
 α Arbeitswinkel
 D_1 Abstand zwischen Werkzeug und Untergrund
 D_2 Länge des Werkzeugs

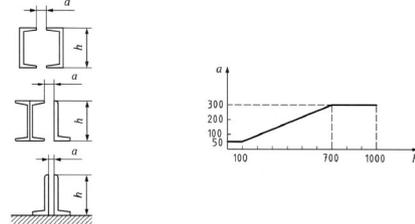
Bild A.1 — Arbeitswinkel und Abstand zwischen Werkzeug und Untergrund

EN ISO 12944-3:2017 (D)

Anhang C
(informativ)

Mindestmaße bei engen Abständen zwischen Oberflächen

Um Vorbereiten, Beschichten und Instandsetzen einer Oberfläche zu ermöglichen, muss ein Ausführender in der Lage sein, diese einzusehen und mit Arbeitsgeräten zu erreichen. Es ist deshalb wichtig, dass die notwendige Erreichbarkeit hierfür vorhanden ist.



Legende

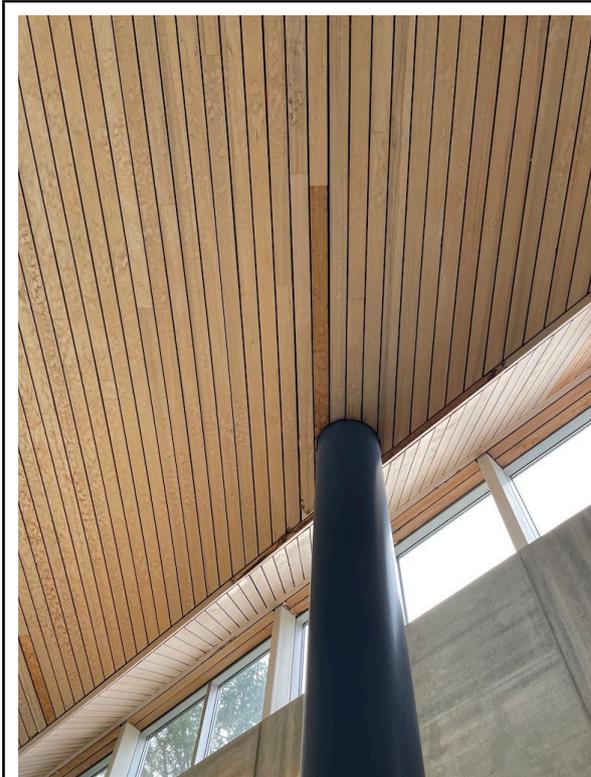
α zulässiger Mindestabstand zwischen zwei Bauteilen oder zwischen einem Bauteil und einer angrenzenden Fläche (mm)
 h maximale Höhe der vom Ausführenden zu erreichenden Bauteile (mm)

Bild C.1 — Mindestmaße bei engen Abständen zwischen Oberflächen

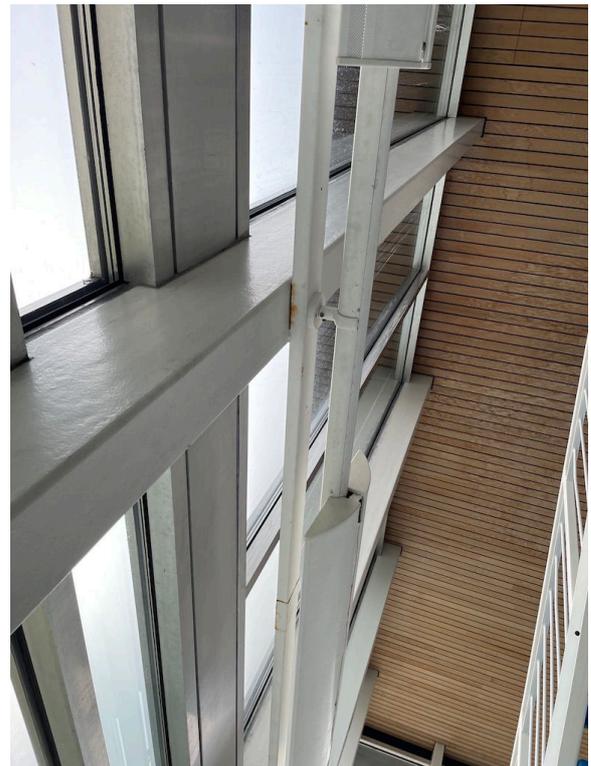
Freilegen der Stützen

- Gesamte Stützhöhe
- alle beschichteten Oberflächen auch solche unter Dämmungen (also Dämmungen entfernt)
- Inkl. der Bereiche mit Durchdringungen
- inkl. Fussplatten resp. bis mind. 5 cm ab Phasengrenze einwärts in den Beton (Überdeckung)

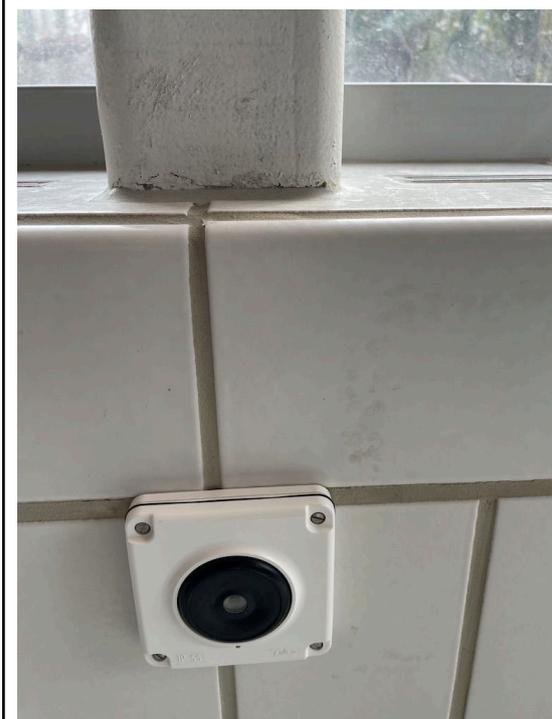
Für die Erstellung der Zugänglichkeit sind folgende Teile betroffen (Auswahl):



Deckenverkleidungen



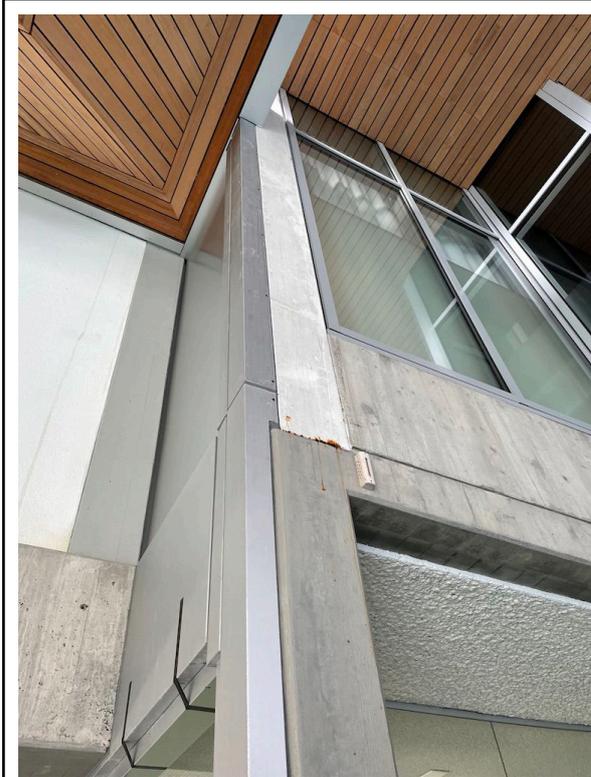
Fassadenunterkonstruktion, Hilfskonstruktionen



Brüstungen, Elektroinstallationen



Bereich der Durchdringungen: Abdeckbleche,
Plättli im Radius von mind. 30 cm



Verkleidungen



Sockelverkleidungen, Abdeckbleche, Fassadenbleche,
Bodenabdeckung, Abdichtungen



Wandelemente



Verkleidungen, Unterkonstruktionen

9.2 Installationen

Installationsflächen:

Befestigt, ggf. partiell und wo nötig mit Folie ausgerüstet (gegen Staubdurchtritt oder Durchsickern von kontaminiertem Meteorwasser ins Erdreich)

Gerüst

- **Auslegung: Windgeschwindigkeiten = ??**
- Arbeitsgerüst mit Bodenschutz bei Gerüstaufgestellen
- Gerüstboden: Auslegung inkl. Strahlschutt-Lasten
- Abnahme vor Beginn der Arbeiten
- ggf. Innengerüste mit Bodenschutz

Einhausung

Grundlage: es ist kein Asbest vorhanden, nur PCB und Schwermetalle

- Dicht und witterungsfest, sturmfest (**Windgeschwindigkeit ist noch für die Auslegung anzugeben**)
- Dichtigkeit gegenüber Stäuben: Klasse 1
- Zweikammerschleusen mit festen Türen, Beleuchtung, Handwaschmöglichkeit, genügend Stauraum für kontaminierte Arbeitskleidung, Abfallbehälter
- Ausbildung mit armierten Folien. Boden verstärkt mit mind. 1 mm dicker Folie, ggf. beschwert (Die zu leichte Folie wird vom Unterdruck angehoben)
- Beleuchtung (Mehrfach, schattenfrei)
- Unterdruck mind. 10 Pa. Unterdruckaufzeichnung. Allzeit negative Luftbilanz auch bei Schleusenbetrieb und voller Strahlleistung.
- Der Unterdruck gilt für die Dauer aller Strahlarbeiten und auch während den Ausräum- und Reinigungsphasen.
- Unterdruckhaltung im Nachtbetrieb.
- Unterdruckklappe / Unterdrucksicherheitsventil (als Sicherheit gegen Einreissen wenn keine Zuluft, aber voller Filterbetrieb.): Ausführung mit Jalousien und genügend grossem Querschnitt.
- Prallschutz für die Folienwände während Strahlarbeiten

Umweltschutz

Überwachung: UBB?

- Meldepflicht AWEL
- Bergerhoff-Töpfe (Anzahl und Ort nach Vorgabe Umweltschutzbegleitung)
- Geschützte Zwischenlagerung von Strahlschutt, kontaminierten Abfällen, Waschwasser
- Analyse der Strahlschutte zur fachgerechten Entsorgung.
- Wägscheine der Entsorgungsfirma und Nachweis des Entsorgungsweges

Staubfilteranlage / Belüftung:

- Installation und Inbetriebnahme von Staubfilteranlage und Strahlmittelaufbereitung nach Trockenabnahme der Einhausung.
- Mindestluftströmung in der Einhausung bei Arbeiten von mind. 0.3 m/s
- Filter für PCB-Baustelle (H13, entsprechend Entschichtungsverfahren und Beschichtungsstoffanalysen)

- Leistung der Filteranlage entsprechend einer Mindestluftströmung von mind. 0.3 m/s und mind. 2 maligem Luftwechsel pro Stunde, sowie 10 Pa Unterdruck während dem Strahlen (allzeit negative Luftbilanz)
- Nachtschaltung (für leichte Unterdruckhaltung ohne Strahlarbeiten)
- Prüfung der Unterdruckhaltung, Aufzeichnung des Druckes
- Periodische Grobreinigung inkl. Gerüstreinigung und Ausräumen des kontaminierten Strahlschuttes
- Dichte Verbindungsleitungen von der Einhausung bis zur externen Aufbereitungsanlage / Filteranlage (z.B. auf dem Installationsplatz)
- Filter: Einhaltung der Umweltschutzaufgaben entsprechend den Behördenauflagen. Für den Fall „PCB“ in Kombination mit Hochdruckwassersstrahlen HDW (falls zutreffend):
 - Trockenstaubfilter als Polizeifilter
 - keinen Aktivkohlefilter
- MAK: beim Ausräumen des Strahlschuttes immer PSA für PCB verwenden (Einweg-Schutzanzug, Handschuhe, FFP3 - Maske)

Klimaanlage

Luftentfeuchtung falls die Arbeiten im Sommer statt finden

Nachtschaltung (reduziert)

Strahlmittel

- Aufbereitungsanlage inkl. Einhausung und befestigtem Boden
- witterungsgeschütztes Depot für neues Strahlmittel

Strahlschutt

- Sauganlage
- Ausräumung täglich (Idealfall)

Farbcontainer

- Mit Wanne / Doppelboden.
- Beheizt
- Ex-geschützt
- Feuerlöschanlage

9.3 Entschichtung

Überblick zu den Verfahren

Ein wichtiger Entscheidung betrifft die Strahlverfahren zum Entschichten

(A) Trockenes Strahlen

Das traditionelle Verfahren zum Entschichten ist das trockene Strahlen. Es hat den Vorteil, dass die Konstruktion trocken bleibt. Nachteil ist die grössere Mengen von Strahlschutt, und dass die Entfernung von Korrosionsstimulatoren das Waschen mit vollentsalztem Wasser nach sich ziehen kann.

(B) Höchstdruckwasserstrahlen (HDW)

Bei gewissen Situationen, wie die Kombination von Spalten, Korrosionsstimulatoren und PCB kann der Verfahrensentscheid zu Gunsten eines nassen Verfahrens ausfallen. Mit Höchstdruckwasserstrahlen (HDW) können

- wasserlösliche Korrosionsstimulatoren besser gelöst und entfernt werden,
- festhaftende Korrosionsprodukte in Spalten besser entfernt werden; allenfalls mit zusätzlichen abrasiven Zusätzen,
- PCB-haltige Stäube in Aerosolen gebunden werden, jedoch ist auch deren Abscheidung in einer geeigneten Filteranlage in Kombination mit Einhausung und Unterdruckhaltung erforderlich, damit diese nicht in die Umgebung gelangen können,
- Einsparung von Strahlmittel,
- Verringerung der zu entsorgenden Strahlschuttmenge

Eine mit Spalten behaftete Konstruktion birgt andererseits den Nachteil, dass Wasser in Spalten verbleibt und Ablagerungen entstehen. Mögliche Gegenmassnahmen in solchen Fällen:

- Nachspülen der noch nassen Depots in den Nischen mit Druckwasser
- Ausblasen
- Belüften, Klimatisieren

Fazit

- Beide Verfahren benötigen eine gleichartige Gerüstung und Einhausung, inkl. wasserdichtem Wannensboden.
- Das Wasserhöchstdruckstrahlen benötigt eine teurere Ausrüstung als das trockene Strahlen.
- **Wenn aber ohnehin am Beton auch Abtragsarbeiten anfallen, wäre das Höchstdruckwasserstrahlen u.U. die bessere Wahl.**

9.4 Prüfungen und Modifikationen am Stahltragwerk

Die Stahlkonstruktion ist nach dem Entschichten und Waschen zu prüfen und ggf. bis Erreichen vom Vorbereitungsgrad P3 gemäss ISO 8501-3:2007 nachzuarbeiten.

1. Etwa auf halber Stützhöhe hat es Bohrungen und Öffnungen mit dem Risiko von Wasser- und Feuchtluftzutritt. Entweder werden diese verschlossen oder am Fuss werden Entwässerungsbohrungen ausgeführt (was ohnehin und grundsätzlich zu empfehlen ist, auch bei den Aussenstützen).
2. Wanddicken, Restquerschnitt bestimmen
3. Prüfung auf Korrosionsstimulatoren: Gesamtsalzgehalt unter 100 mg/m², Bestimmung mit der Bresle-Methode während mind. 10 Minuten Kontaktzeit. Andernfalls Nachstrahlen / Nachwaschen
4. Bestimmen von Verstärkungsmassnahmen
5. Verputzen von scharfen Kantenpartien als R2 in Facetten; Ausschleifen von Walzfehlern / Doppelungen, Entfernen von Schweiss-spritzern. Die Schweissnähte sind frei von Spalten / Einbrandkerben / Poren / Endkratern und ebenmässig in weicher Form, andernfalls nachzuschweissen resp. zu verputzen (Stufe P3 gemäss ISO 8501-3:2007)

9.5 Nachstrahlen

Startbedingungen

Es ist von Beginn weg sicher zu stellen, dass

1. die Stahlkonstruktion trocken ist
2. der Strahlschutt vom Entschichten komplett ausgeräumt ist (von der Konstruktion und vom Einhausungsboden).
3. Die Einhausung ist besenrein und frei von Gefahrenstoffen.

Zwingende Abnahme (ggf. mit dem AWEL) für „PCB-frei“

4. die Einhausung belüftet ist: Die Filteranlage läuft, es herrscht ein Unterdruck
5. an der zu strahlenden Konstruktion überall ein Taupunktsabstand von mind. 3°C besteht.

Nachstrahlarbeiten

- Druckluftstrahlen aller Stahloberflächen mit ölfreier, getrockneter Druckluft
- Strahlmittel-Korntyp: Kantig (Grit)
- Strahlmittel: Korund (als Mehrwegstrahlmittel), frei von Korrosionsstimulatoren
- Oberflächenvorbereitungsgrad: mindestens Sa 2 ½ gemäss ISO 8501, typischerweise Ausgangszustand bis D, beurteilt unmittelbar vor dem Grundieren
- Oberflächenreinheit:
 - Gesamtsalz nach dem Strahlen und unmittelbar vor dem Grundieren (gemäss ISO 8502-6, Bresle-Test): max. 100 mg/m²
 - Falls Vorgabe nicht erfüllt wird: trockenes Nachstrahlen (kein Waschen)
- Rauigkeit:
 - gemäss ISO 8503-2: Stufe „**Mittel**“ entsprechend Quadrant /Segment Nr. 3 (Nennwert Rautiefe: 100 µm)

- Rauigkeit gemäss ISO 8503-4: gemittelte, maximaler Rautiefe Ry5: **mind. 50 bis max. 115 μm**
- Oberflächenvergrößerung gemessen mit geeignetem Tastschnittgerät (nicht normierter Parameter, mit Messbedingungen gemäss ISO 8503-4): **mind. 18%**.

Schwerer zugängliche Flächen

Der Vorbereitungsgrad wird bei relevanten Stellen bei Beginn der Arbeiten gemeinsam geprüft. Das gilt beispielsweise bei Fussplatten-Untersichten im Bereich der Überdeckung von mind. 5 cm.

Alle anderen Flächen werden zugänglich gemacht.

Reinigung

- Grobreinigung: Einhausung, Gerüst und Stahlkonstruktion zunächst mit Druckluft und laufender Filteranlage.
- Feinreinigung mit Sauger.
- Kontrolle auf ggf. stecken gebliebene Strahlmittelkörner.
- Reststaubbelag auf der Stahlkonstruktion:
Klebebandtest nach ISO 8502-3:1999, Staubbelaag maximal Klasse 2/2
 - o Grösse max. Klasse 2
 - o Staubmenge: Belegung max. mit Dichte Klasse 2

9.6 Anforderungen an die Ausführung der Beschichtungen

Klimabedingungen

Während den Beschichtungsarbeiten und der nachfolgenden Vernetzungsdauer sind die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen für Untergrund und Beschichtungsstoffe gemäss Verarbeitungsmerkblatt sicherzustellen, sowie einen Taupunktsabstand von mind. 4°C einzuhalten.

Aus Sicherheitsgründen darf unterhalb von 8°C Oberflächentemperatur und oberhalb von 80% rel. Luftfeuchtigkeit keine Applikation stattfinden. Das gilt auch für die ersten 12 h nach der Applikation, wobei sicherzustellen ist, dass weder Staub noch Wasser jeglicher Form die junge Beschichtung beanspruchen.

Zwischentrocknung

Mindest-Wartedauern zwischen Applikationen (bezogen auf 23°C Untergrundtemperatur):

- nach der Grundbeschichtung: mind. 24 h
- nach der letzten Zwischenbeschichtung: mind. 48 h
- nach Dichtmasse-Arbeiten: mind. 48 h
- nach der ersten Deckbeschichtung: mind. 24 h

Bei niedrigeren Untergrundtemperaturen verlängert sich die Zwischentrocknungsdauer:

- bei 13°C verdoppeln sich diese Wartedauern,
- bei 8°C verdreifachen sie sich.

Zusätzlich sind bei höheren Einzelschichtdicken und/oder höherer Verdünnernzugabe die Wartedauern ebenfalls zu verlängern (in der Regel je um mind. 1 Tag; doppelte Schichtdicke um Faktor 4).