Einflüsse des Heizkraftwerkes auf die Umwelt, insbesondere auf die Luftqualität

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 25

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85495

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Erdbebenbeanspruchung nach dynamischer Analyse

Für die mit dem Programm ANSYS durchgeführte dynamische Analyse wurde das Tragwerk durch ein Balken-Feder-Modell idealisiert. Für die ersten neun Eigenschwingungen sind die Frequenzen gerechnet worden. Die durch das «Bemessungserdbeben» verursachten Verschiebungsgrössen und Schnittkräfte wurden für jede Eigenschwingung getrennt ermittelt und anschliessend überlagert. Die resultierenden Biegemomente sind im Bild 44 dargestellt. Vermindert man das Risiko um einen Faktor 10, d. h. die Wahrscheinlichkeit von $P = 10^{-3}$ /Jahr auf $P = 10^{-4}$ /Jahr, so erhöht sich die Standortintensität von I_s = VII auf I_s = VIII (MSK), und die Beanspruchungen werden um nahezu einen Faktor 2 vergrössert.

Bei weichen Bauwerken kann eine Beschränkung auf die erste Eigenschwingung in der modalen Analyse zu falschen Ergebnissen führen. Der Einfluss der Oberschwingungen wird durch die Abweichung der Momentenlinie (B) von derjenigen für eine lineare Beschleunigungsverteilung (A) deutlich sichtbar gemacht.

Gemessen an den der Berechnung zugrundegelegten Beschleunigungswerten sind die Beanspruchungen des Kamins relativ gering. Man findet hier also bestätigt, dass flexible Tragkonstruktionen mit einer Grundfrequenz von weniger als 1 Hz sich weitgehend der Erdbebenbeanspruchung zu entziehen vermögen. Hingegen muss die Tragkonstruktion in der Lage sein, relativ grosse Verschiebungen zu verarbeiten. Für die Standortintensität I_s = VII erhält man aus der dynamischen Analyse eine *maximale relative Verschiebung der Kaminspitze* gegenüber dem Fundament von δ = 8,5 cm.

Ein Vergleich der Biegemomente zwischen der Berechnung nach Norm SIA 160 einerseits und der dynamischen Analyse andererseits zeigt nach Bild 46, dass in diesem Fall über den massgebenden Kaminbereich die Beanspruchungen gemäss Norm SIA 160 grösser sind. Bei einer Mehrzahl üblicher Bauwerke liegt die Grundfrequenz allerdings weit über 1 Hz und damit die aus dynamischer Analyse erhaltenen Beanspruchungen erfahrungsgemäss weit über den Normenbeanspruchungen. Im unteren Kaminbereich, wo die Stabschnittkräfte gegenüber den Membranschnittkräften dominieren, ergeben die Windbelastungen die massgebenden Beanspruchungen.

Bemessung des Kaminmantels

Der Kaminmantel ist auf die Schnittkräfte aus Stabbiegung und auf die Membranschnittkräfte zu dimensionieren. Für den *Gebrauchszustand* und die Stabbiegung wurden die folgenden Lastfälle berücksichtigt: Eigengewicht, Nutzlasten auf Futtertragplatten und Zwischendecken, Auslenkungen infolge Fundamentverkippung aus einer angenommenen Inhomogenität des Baugrundes, Auslenkungen infolge eines Temperaturunterschieds von 20° C für die mittlere Wandtemperatur zwischen der Sonnen- und Schattenseite sowie für den Wind des statischen Ersatzstaudruckes. Auslenkungen infolge Bauungenauigkeiten mussten keine berücksichtigt werden, da diese während der Ausführung laufend korrigiert werden konnten. Für die Bestimmung der Schnittkräfte wurde die 2. Ordnung berücksichtigt sowie Stadium I vorausgesetzt. Wie die Spannungsnachweise zeigten, war diese Annahme zulässig. Für die oben aufgeführten Gebrauchslasten sind für die Bemessung des Mantels die folgenden zulässigen Spannungen festgelegt worden: zulässige Stahlspannung $\sigma_{e\ zul}$ = 2800 kp/cm² und zulässige Betonrandspannung $\sigma_{b\ zul}$ = 175 kp/cm².

Für den *Bruchzustand* wurden die Belastungsfälle des Gebrauchszustandes allerdings mit Berücksichtigung des Stadiums II für die Schaftauslenkung angesetzt. Bei einer auf den 0,9fachen Betrag reduzierten Normalkraft aus Eigengewicht wurde eine Sicherheit gegenüber Biegebruch von s = 1,8 gefordert.

Für die Membranschnittkräfte sind die folgenden Lastfälle zusätzlich in Rechnung gesetzt worden: ein Temperaturgradient $T_a - T_i = \Delta T$ = -40° C für den Winterbetrieb bzw. ΔT = + 15° C für den Sommerbetrieb gleichmässig über den ganzen Umfang sowie eine sektorielle Erwärmung um ΔT = + 20° C infolge Sonnenbestrahlung. Für die Lastkombinationen Eigengewicht + Nutzlast + Temperatur bzw. Eigengewicht + Nutzlast + Wind sind die zulässigen Rissweiten auf w_{95} = 0,2 mm festgelegt worden. Für die extreme Lastkombination Eigengewicht + Nutzlast + Wind + Temperatur ist keine Beschränkung der Rissweiten festgesetzt worden. Die zulässige Stahlspannung von $\sigma_{e\ zul}$ = 2800 kp/cm² wurde hier zum Bemessungskriterium.

Literaturverzeichnis

[1] SIA 160 (1970): «Norm für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten», SIA Zürich.

[2] *Schlaich, J.* (1966): «Beitrag zur Frage der Wirkung von Windstössen auf Bauwerke». Der Bauingenieur, Heft 3, S. 102–106.

[3] DIN 4131 (1969): «Antennentragwerke aus Stahl, Berechnung und Ausführung». Deutscher Normenausschuss, Berlin.

[4] *Nottrott, Th.* (1963): «Schwingende Kamine und ihre Berechnung im Hinblick auf die Beanspruchung durch Kármán-Wirbel». Die Bautechnik, Heft 12, S. 411–415.

[5] *Jungwirth, D.* (1970): «Zur Konstruktion und Beanspruchung hoher Stahlbetontürme». Stahlbetonbau-Berichte aus Forschung und Praxis, Festschrift Rüsch, S. 149–163, W. Ernst und Sohn.

[6] *Leonhardt, F.* (1967): «Zum Stand der Kunst Stahlbetontürme zu bauen». Beton, Heft 3, S. 73–86.

[7] *Thomann, H.* (1974): «Windwirkung auf Hochhäuser». Schweizerische Bauzeitung, Heft 8, S. 147–153.

[8] *Biggs, J.* (1964): «Introduction to Structural Dynamics», Mc Graw-Hill Book Company, New York.

[9] *Sägesser, R.* und *Mayer-Rosa, D.* (1978): «Erdbebengefährdung in der Schweiz», Schweizerische Bauzeitung, Heft 7, S. 107–123.

[10] *Newmark, N.M.* (1973): «A Study of Vertical and Horizontal Earthquake Spectra». USAEC Contract No. AT (49-5) - 2667, WASH 1255, Urbana, Illinois.

Einflüsse des Heizkraftwerkes auf die Umwelt, insbesondere auf die Luftqualität

Das Heizkraftwerk Aubrugg wurde mit dem Ziel erbaut, einen bestimmten Nutzen in Form von Wärme und elektrischer Energie mit möglichst geringem Aufwand zu erbringen. Vor allem in den letzten Jahren hat sich nun die Einsicht durchgesetzt, dass bei keinem namhaften Bauwerk die Aufwandseite bloss aus den Kosten für den Bau und den Betrieb der Anlage besteht. Solche Bauwerke haben immer auch eine Anzahl zusätzlicher und zum Teil schwer quantifizierbarer *Einflüsse auf die Umwelt* zur Folge.

In einigen Ländern wird heute schon verlangt, dass für alle grösseren Bauwerke *Umweltbelastungsstudien* durchzuführen sind, welche die zu erwartenden Einwirkungen auf die Umgebung mit Hilfe anerkannter, wissenschaftlicher Methoden abzuschätzen haben. In der Schweiz bestehen noch keine derartigen gesetzlichen Vorschriften, doch sind Ansätze hiefür vorhanden. Es sind die *Bauvorschriften* und unter Umständen *freiwillige Zusatzanforderungen*, (die sich vor allem öffentliche Auftraggeber unter dem Einfluss der politischen Meinung selber formulieren), welche die Verträglichkeit eines Bauwerkes mit seiner Umgebung sicherstellen.

Beim Heizkraftwerk Aubrugg wurden umfangreiche Untersuchungen entsprechend dem Schema in Bild 45 durchgeführt, um den Einfluss der Anlage auf die Umgebung zu ermitteln und die zusätzlichen Belastungen in der Form von Abgasen, Abwässern, Lärm und Risiken abzuschätzen.

Bei einem Heizkraftwerk, in dem auf kleinstem Raum grosse Mengen von Brennstoffen verbrannt werden, um eine grosse Zahl von Abnehmern mit Wärme und Elektrizität zu versorgen, ist das Problem der *Lufthygiene* von besonderer Bedeutung. Die anschliessenden Ausführungen beschäftigen sich deshalb ausschliesslich mit dieser Art von Umweltbelastung.

Schadstoffe

Mit den Abgasen der Raumheizungen, der Industriefeuerungen und des Ver-

kehrs gelangen unter anderem die folgenden Fremdstoffe in die Luft: Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Staub (Asche und Russ), Kohlenwasserstoffe, Blei und andere Schwermetalle, Fluorverbindungen, Schwefelwasserstoff, Chlor, Chlorwasserstoff, Ammoniak. Sollen die Auswirkungen einer Fernwärmeversorgung auf die Luft untersucht werden, so müssen die Fremdstoffe, die beim Verbrennen von Heizöl, Gas und Kohle entstehen, betrachtet werden. Es sind in erster Linie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Staub neben Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen.

Schwefeldioxid entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe. Während sämtliche Erdölprodukte einen mehr oder minder grossen Schwefelgehalt aufweisen, enthält Erdgas nur Spuren davon. SO_2 ist ein Reizgas, das bei langer Einwirkungszeit und hoher Konzentration starke Irritationen der Schleimhäute von Nase und Hals verursacht. Daneben ist es auch für viele Pflanzen giftig und greift indirekt über die Bildung von Schwefelsäuren auch Metalle, Natursteinfassaden und andere Materialien an. SO_2 gilt allgemein als der beste Indikator für die von Ölfeuerungen ausgehende Luftverschmutzung.

Stickstoffoxide entstehen bei Verbrennungsprozessen durch Oxidation von Luft-Stickstoff. Die Bildung des NO_x wird bei hohen Temperaturen begünstigt; aus diesem Grund ist z.B. bei Fernheizwerken der NO_x-Anteil der Rauchgase grösser als bei Einzelfeuerungen. Die Stickstoffoxide sind ebenfalls *Reizgase*, gefährlich bei *Atemwegerkrankungen* wie chronische Bronchitis. Hohe NO_x-Konzentrationen sind für die Bildung von *Smog* mitverantwortlich.

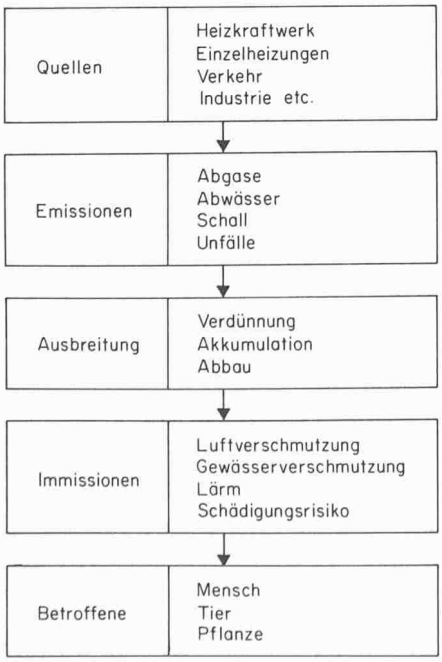


Bild 45. Schematische Darstellung der Struktur von Umweltbedingungen für das Heizkraftwerk Aubrugg

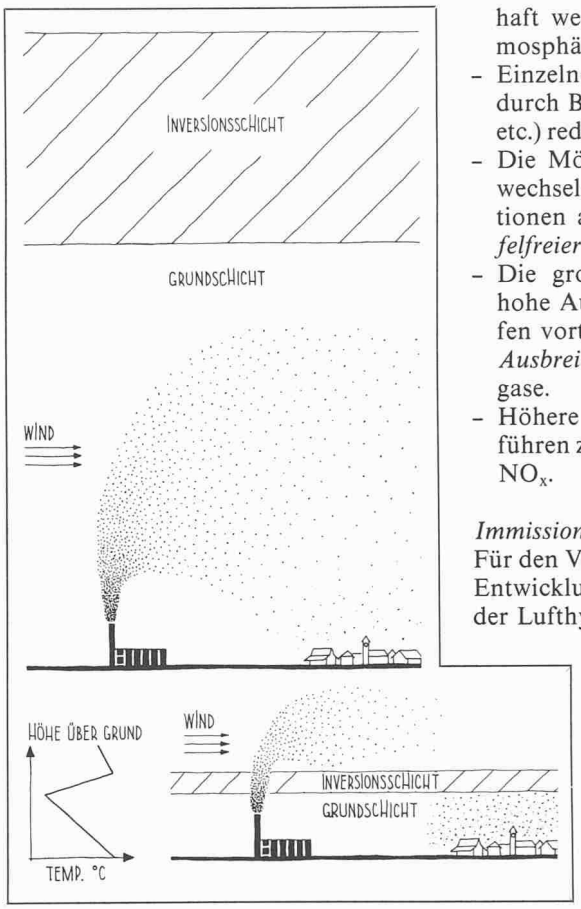


Bild 46. Ausbreitung der Rauchgase bei mittelhoher (oben) und niedriger Inversion (links)

Feinstaub fällt unter anderem in Form von Russ und Asche bei der Verbrennung von festen und flüssigen Brennstofen an, nicht oder nur in geringem Ausmass dagegen bei Erdgas. Für die gesundheitlichen Auswirkungen von Staub ist neben seinem Gehalt an *toxischen* Stofen wie z.B. Blei die Partikelgrösse von entscheidender Bedeutung. Kleinste Partikel (Durchmesser kleiner als 1 µ) verbleiben über lange Zeiten in der Luft und dringen ungehindert in die feinsten Strukturen der Lunge (Alveolen). Während sich SO_2 als Gas in der Feuchtigkeit der Schleimhaut von Nase und Luftröhre vollständig löst, vermag es an feinste Russpartikel absorbiert bis in die Alveolen zu gelangen.

Emissionen

Die Belastungen durch das Heizkraftwerk treten nicht in einem bisher unbelasteten Raume auf, sondern überlagern sich einer bereits vorhandenen Grundbelastung. Diese setzt sich zusammen aus den Immissionen durch Hausfeuerungen, Verkehr und Industrie. Das für den Raum Aubrugg massgebliche Emissionsgebiet erstreckt sich über eine Fläche, welche die Gemeinden Wallisellen, Opfikon-Glattbrugg, sowie die Stadtgebiete Schwamendingen und Oerlikon umfasst. Im Vergleich zu den Hausfeuerungen lassen sich die Emissionen des Heizkraftwerkes folgendermassen charakterisieren:

- Durch *optimale Steuerung des Verbrennungsprozesses* gelangen gesamthaft weniger Schadstoffe in die Atmosphäre.
- Einzelne Schadstoffe lassen sich durch Behandlung der Abgase *(Filter* etc.) reduzieren.
- Die Möglichkeit, den Brennstoff zu wechseln, erlaubt in speziellen Situationen auch die Verwendung *schwefelfreier Brennstoffe* (Erdgas).
- Die grosse Ausstosshöhe und eine hohe Austrittsgeschwindigkeit schaffen vorteilhafte Bedingungen für die *Ausbreitung* und *Verteilung* der Abgase.
- Höhere Verbrennungstemperaturen führen zu vermehrter Produktion von NO_x.

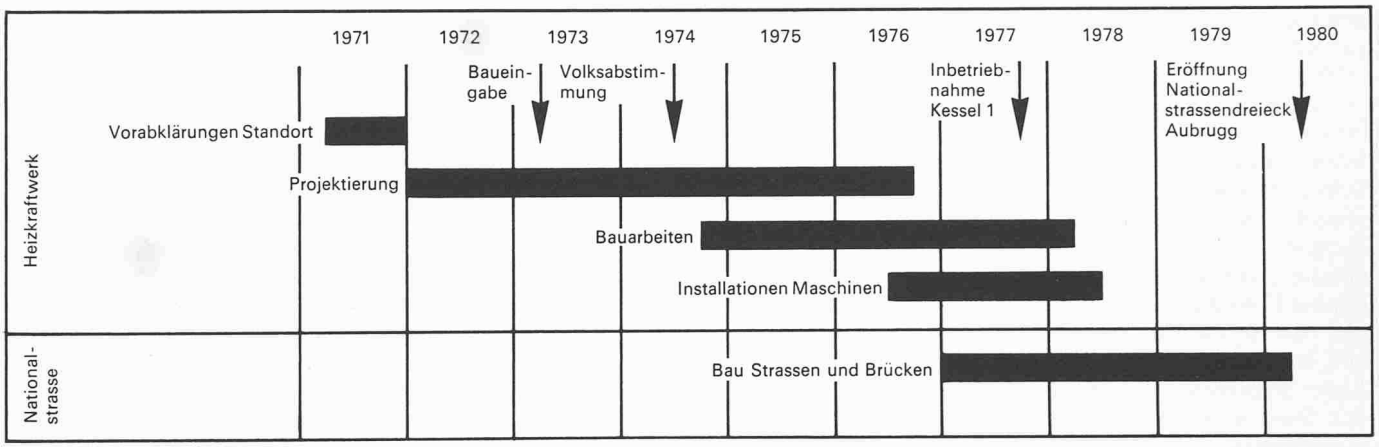
Immissionen im Raum Aubrugg

Für den Vergleich zweier oder mehrerer Entwicklungsmöglichkeiten bezüglich der Lufthygiene kann man sich auf die entsprechenden maximalen Immissionskonzentrationen abstützen. Zur Abschätzung der Auswirkungen durch die Inbetriebnahme des Heizkraftwerkes interessieren in erster Linie die beiden Varianten:

- *Vollausbau des Heizkraftwerkes* mit Sanierung der stärksten Emittenten in Oerlikon, unter Berücksichtigung einer angemessenen Zunahme des Wärmebedarfes.
- *kein Heizkraftwerk*, jedoch gleiche Zunahme des Wärmebedarfes.

Die Resultate von Näherungsrechnungen für SO_2 und NO_x haben gezeigt, dass im Raum Aubrugg im Jahresmittel *keine zusätzlichen Immissionen durch das Heizkraftwerk* entstehen. Eine Reduktion der Luftbelastung hängt davon ab, in welchem Ausmass die im Heizkraftwerk erzeugte Wärme in den nördlichen Stadtquartieren bezogen wird und dadurch Einzelheizungen ersetzt werden können.

Kurzfristig und *lokal* können allerdings *relativ hohe Spitzenkonzentrationen* von SO_2 und NO_x auftreten. Die Häufigkeit dieser Situationen ist gesamthaft jedoch *gering*. Die Grösse der Immissionen am Boden ist weitgehend davon abhängig, wie rasch sich die Abgase in horizontaler und vertikaler Richtung ausbreiten können. Falls z. B. eine hohe Inversionsschicht vorhanden ist, bleiben die Abgase im darunterliegenden Raum gefangen (Bild 46). Als *Inversionsschicht* wird eine Luftschicht mit einer Zunahme der Temperatur nach oben bezeichnet; eine solche Umkehr des vertikalen



Terminkalender für den Bau des Heizkraftwerkes und der Nationalstrassen

Temperaturgradienten wirkt als Barriere für die Ausbreitung. In Verbindung mit Frosttemperaturen kann es so zu einer maximalen SO_2-Konzentration von 0,6 mg/m³ = 0,21 ppm kommen (bei Vollausbau und für Heizöl extraleicht als Brennstoff). Im relativ häufigen Fall niedriger Inversionen (Bild 46) vermögen die Abgasfahnen des HKW's die Sperrschicht zu durchbrechen und gelangen dadurch nicht mehr in Bodennähe. Weil aber die übrigen Emissionen alle unter der Sperrschicht gefangen bleiben, kommt es trotzdem zu hohen Belastungen. Da die NO_x-Emissionen zu einem beträchtlichen Teil vom Motorverkehr stammen, treten die maximalen NO_x-Konzentrationen hauptsächlich entlang stark befahrener Strassen auf.

Die vorliegende Untersuchung zeigt also, dass das Heizkraftwerk Aubrugg die *Luftqualität im Raume Aubrugg in Zukunft verbessern kann*. Die Verbesserung tritt ein, obschon die umliegenden Gemeinden nicht in den vollen Genuss der von der Anlage produzierten Wärme kommen. Dieses positive Resultat ist im wesentlichen auf eine optimale Nutzung des Brennstoffes und die bessere Verteilung der Schadstoffe durch das Hochkamin zurückzuführen.

Adresse der Verfasser: Gebrüder Sulzer AG, Wärmekraftanlagen, 8401 Winterthur.

Am Bauwerk beteiligte Ämter und Firmen

Bauherschaft

Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich
Amt für technische Anlagen und Lufthygiene
Hochbauamt
Tiefbauamt

Planung, Entwurf und Bauleitung

Arbeitsgemeinschaft Basler & Hofmann/ Pierre Zoelly:
Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Zürich
Pierre Zoelly, Architekten AIA, BSA, SIA, Zollikon

Gebrüder Sulzer AG, Winterthur
Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

Modellbau: W. Zaborowsky, Zürich
Photographie: Comet-Photo AG, Zürich; J. Kurtz, Uerikon; G. Stärk, Zürich