

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 96 (1978)
Heft: 41

Artikel: Die erweiterten Möglichkeiten der Computerprogramme STATIK und FLASH
Autor: Anderheggen, Edoardo / Walder, Ueli
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73763>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Léopold Pflug, ETH-Lausanne, Dr. Bernard Rouvé, Atelier de Construction Mécanique de Vevey, Vevey, und Dr. John Wolf, Elektrowatt, Zürich.

In der Schweiz befasst man sich nicht erst seit der Gründung des genannten Komitees mit Erdbeben. Man darf es aber auch nicht dabei lassen, dass im vergangenen Jahrhundert hierzulande die zehnteilige makroseismische de Rossi-Foré-Skala «erfunden» wurde. Ferner ist es töricht zu behaupten, die Beschäftigung mit erdbebengerechtem Bauen sei nur eine Modesache. Gerade bei der Ausfuhr von Bauleistungen werden Ingenieur und Architekt oft mit Fragen des Earthquake-Engineering konfrontiert, dies besonders in Ländern Südamerikas, des Nahen und Mittleren Ostens. So war es denn kaum zufällig, dass sich die Studentagung der Fachgruppe für Brücken- und Hochbau an der ETH-Hönggerberg (29./30. September) in zwei Teile gliederte: «Schweizer planen und bauen im Ausland» und in «Erdbebengerechtes Bauen». So zeigten etwa die Ausführungen von B. Gilg über das Andenkraftwerk José Antonio Paez in Venezuela, wie seismische Phänomene neben anderen, ungewohnten zu berücksichtigen sind.

Erdbebeningenieurwesen ist eine *verhältnismässig junge Disziplin*. Sie ist *interdisziplinär*. Mit ihm sind Geophysiker, Geologen, Boden- und Bauwerksdynamiker, Materialtechnologen, Architekten und auch Versicherungsmathematiker befasst. Bemessungs- und Sicherheitsbetrachtungen beziehen sich ausserdem auf Hochbauten, Brücken, Kraftwerkanlagen und Industriebauten.

So bestehen zum Beispiel auch in der Schweiz schon recht umfangreiche Sicherheitsnachweise in bezug auf Erdbeben für Kernkraftwerke. Auch enthalten die Belastungsnormen einen Erdbebenartikel, ferner wird das Erdbeben pseudo-statisch bei Stauanlagen berücksichtigt. Doch sind in den vergangenen Jahren viele neue Erkenntnisse erarbeitet worden und manche früher Untersuchungstechniken sind daher fragwürdig geworden.

Ein Schritt vorwärts ist mit der Gründung des Nationalkomitees gemacht worden. Das Nationalkomitee gehört der *Internationalen Vereinigung für Erdbebeningenieurwesen* (IAEE) an, zu der heute 38 Länder zählen. Die erste Weltkonferenz der Vereinigung fand in Berkely im Jahre 1956 statt und wurde von 35 Personen besucht. Die letzten Weltkonferenzen – Rom 1973, Delhi 1977 – vereinigten 842 bzw. 662 Personen. Daraus wird die Entwicklung des Interesses – nicht nur des Kongress-Tourismus – an dieser Disziplin offenkundig. Die IAEE verfügt über eine eigene Zeitschrift mit dem Titel «Earthquake Engineering and Structural Dynamics».

Die *Europäische Vereinigung für Erdbebeningenieurwesen* (EAEE) – ihr gehört die Schweiz seit dem 20. Sept. 1978 an – zählt 18 Nationen. Sie hat ähnliche Ziele wie die gleichnamige internationale Organisation. Ihre Arbeitsgruppen befassen sich mit folgenden Themen:

- Möglichkeiten der Vereinheitlichung der europäischen Erdbebennormen – Forschungskoordination
- Starke Bodenbewegungen, Foundationstechnik
- Wohnbauten
- Widerstandsfähigkeit von Bauwerken
- Kosten-Nutzen-Analysen im Erdbebeningenieurwesen
- Vorfabrizierte Gebäude in seismischen Gegenden
- Gebäude in ländlichen Gegenden.

Als dritte übernationale Organisation befasst sich die *Unesco*, die Organisation für Erziehung, Wissenschaft und Kultur der UNO, mit Erdbebenfragen, insbesondere in technisch unterentwickelten Ländern. Sie hat bis jetzt zwei zwischenstaatliche Konferenzen einberufen, gibt ferner Empfehlungen und Festlegungen von Forschungsschwerpunkten heraus. Ihr besonderes Anliegen sind Fragen der Erdbebenvorhersage und des seismischen Risikos, ausserdem die sozialen und ökonomischen Folgen von Erdbebenkatastrophen -yer.

Die erweiterten Möglichkeiten der Computerprogramme STATIK und FLASH

Von Edoardo Anderheggen und Ueli Walder, Zürich

Im Herbst 1977 wurden die Computerprogramme STATIK und FLASH zur *Berechnung linearer Stab- und Flächentragwerke* im Rahmen eines Fortbildungskurses an der ETH Zürich den Schweizer Bauingenieuren vorgestellt (vgl. Schweiz. Bauzeitung, Heft 24, 1977). Wie bereits damals angekündigt, sind heute verschiedene Erweiterungen in diese Programme eingebaut worden, die im folgenden kurz beschrieben werden sollen.

STATIK-Programm

Interne Knotennummeroptimierung

Bei der Lösung grosser linearer Gleichungssysteme ist es zur Reduktion des Rechenaufwandes sehr vorteilhaft, wenn die Koeffizientenmatrix eine möglichst schmale Bandstruktur aufweist. Bisher war es Aufgabe des Programmbenützers, die Knotennummerierung so zu wählen, dass die absolut grösste Differenz zwischen Anfangs- und Endknotennummer eines Stabelementes, und somit die Bandweite der Koeffizientenmatrix, minimal wurde. Heute geschieht das programmintern automatisch, was für die Vorbereitung der Eingabedaten grösserer Systeme eine wesentliche Erleichterung darstellen kann.

Standard-Stahlprofile

Für viele der meistverwendeten symmetrischen Stahlbauprofile ist es heute möglich, deren Querschnittswerte und Rand-

abstände einfach durch die Angabe des Profilnamens zu spezifizieren.

Bemessungshilfen für symmetrische Stahlbetonquerschnitte

Die in der ursprünglichen Programmversion zum Teil bereits vorhandenen Prozeduren zur Berechnung von Stahlbetonquerschnitten wurden wesentlich erweitert. Für symmetrische, vorgespannte und nicht vorgespannte Stahlbetonquerschnitte unter kombinierten Normalkraft-Biegemomentbeanspruchungen sind heute folgende Berechnungen möglich:

- Gebundene Bemessung auf Bruch der schlaffen Bewehrung in einer vorgeschriebenen Armierungslage für eine Reihe von N-M-Schnittkraftpaaren. Es wird die Armierungsfläche bestimmt, die zu den vorher eingegebenen schlaffen und vorgespannten Armierungen hinzuzufügen ist, um die gewünschte Bruchsicherheit zu gewährleisten.
- Elastischer Spannungsnachweis am gerissenen Querschnitt sowie Bruchsicherheitsnachweis zur Zeit $t = 0$ oder $t = \infty$ für jedes der spezifizierten N-M-Schnittkraftpaare. Die für vorgespannte Querschnitte massgebenden Vordehnungen der Vorspannkabel (d.h. die Stahldehnungen, die in den Vorspannkabeln bei einem spannungsfreien Betonquerschnitt vorhanden wären) können vom Programmbenützer für jedes Spannkabel spezifiziert werden, womit eine grosse Flexibilität in bezug auf die Berücksichtigung von Kriech- und Schwind-

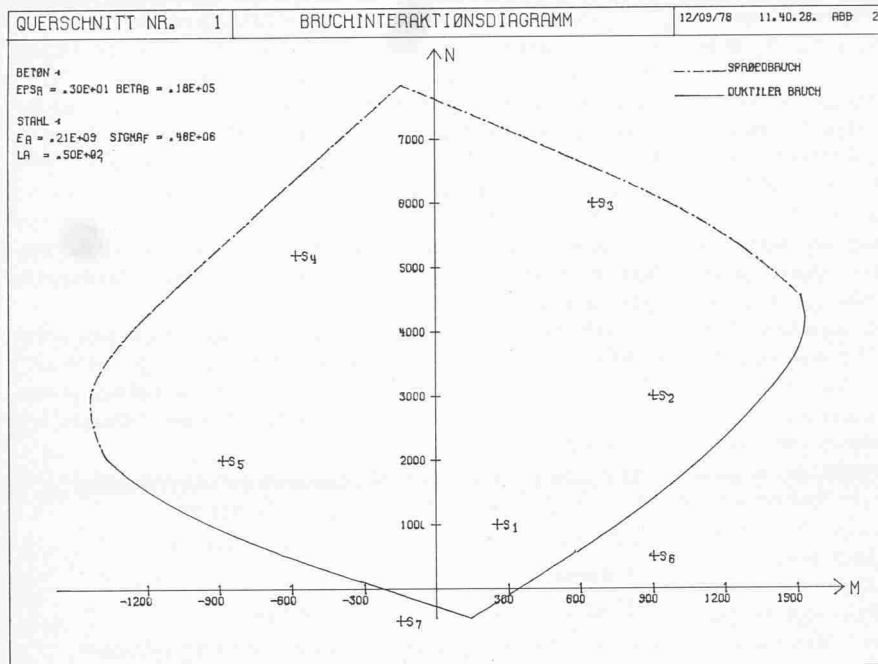


Bild 1. N-M-Bruchinteraktionsdiagramm eines vorgespannten Stahlbetonquerschnittes mit eingetragenen Schnittkraftpaaren (STATIK-Programm)

einflüssen gewährleistet ist. Diese Vordehnungswerte können aber auch vom Programm ermittelt werden als Funktion der Vorspannkraft, der Schnittkräfte unmittelbar nach dem Spannen sowie, für Nachweise zur Zeit $t = \infty$, der Langzeitbeanspruchungen am Querschnitt. Für elastische Nachweise gilt die Tragfähigkeit des Querschnittes als erreicht, wenn die vorgegebenen zulässigen Stahl- oder Betonspannungen erreicht sind, für Bruchnachweise, wenn die vorgegebene Betonbruchstauchung oder die Stahlbruchdehnung der schlaffen Armierung oder der Vorspannarmierung erreicht ist, wobei nichtlineare Spannungs-Dehnungs-Beziehungen zugrunde gelegt werden.

- N-M-Interaktionsdiagramme auf Bruch oder elastisch am gerissenen Querschnitt. In einem Normalkraft-Momenten-Diagramm wird die geschlossene Interaktionskurve der N-M-Grenzzustände für alle möglichen N/M-Verhältnisse numerisch und graphisch dargestellt (siehe Bild 1). Diese Grenzzustände werden nach den gleichen Kriterien wie bei den entsprechenden Nachweisen bestimmt.

FLASH-Programm

Elementnumeroptimierung und interne Datenorganisation

Ähnlich wie im STATIK-Programm kann auch im FLASH-Programm die für den Rechenaufwand massgebende Elementnumerierung (nicht, wie im STATIK-Programm die Knotennumerierung, weil das Gleichungssystem nach der sog. «Frontal Solution»-Methode gelöst wird) programmintern optimiert werden, so dass der Programmbenutzer keine Rücksicht mehr auf die Elementnumerierung zu nehmen braucht. Die interne Datenorganisation des Programms FLASH wurde umgestaltet, was, neben Rechenzeiteinsparungen, zu folgenden Verbesserungen geführt hat:

- Die Anzahl verschiedener Elementtypen ist nicht mehr beschränkt.
- Gleichzeitig können bis zu 60 Lastfälle behandelt werden.
- Die halbinverse globale Steifigkeitsmatrix kann nach dem ersten Programmlauf gerettet werden. Das Gleichungssystem braucht demzufolge für später zu rechnende Lastfälle nicht mehr von neuem gelöst zu werden.
- Die knotenweise gemittelten Beanspruchungen in den

Flächenelementen können bei Schalen für Teilsysteme des Tragwerkes separat verlangt werden.

Graphische Resultatausgabe

Das FLASH-Programm bietet heute die Möglichkeit einer graphischen Ausgabe der Schnittkräfte der Flächenelemente (Normal- und Schubspannungen, Biege-, Drillungs- und Armierungsmomente, Querkräfte) in Höhenliniendarstellung aus einem beliebigen Blickwinkel für die Gesamtstruktur oder Teile davon (siehe Bild 2). Der Massstab und die Äquidistanz können vom Programm selbständig gewählt oder vom Benutzer vorgeschrieben werden.

Dokumentation

Ein Nachtrag zur Benützeranleitung des STATIK-Programms, in dem eine genaue Beschreibung der hier geschilderten neuen Möglichkeiten sowie eine Liste der wichtigsten

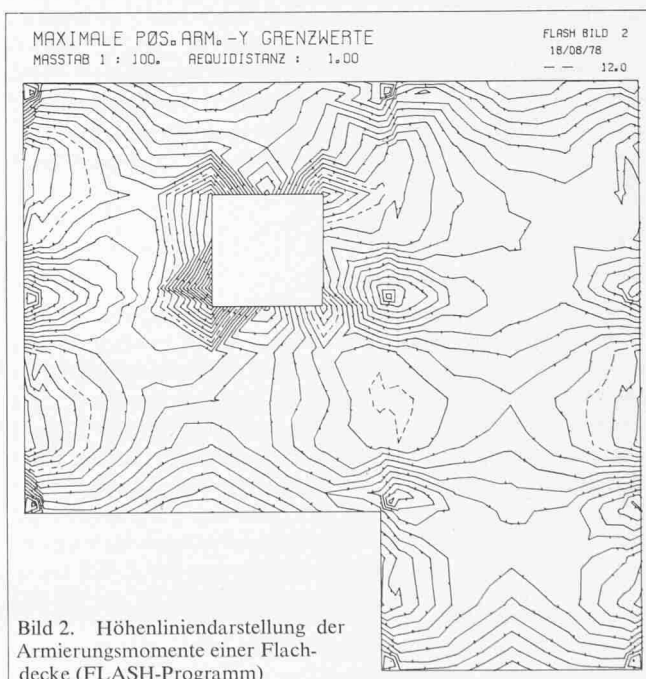


Bild 2. Höhenliniendarstellung der Armierungsmomente einer Flachdecke (FLASH-Programm)

Programmgrenzen angegeben werden, kann kostenlos an folgenden Stellen bezogen werden (bitte schriftlich anfordern):

- Institut für Informatik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich
- V. Hövker, FIDES-Treuhandgesellschaft, Postfach 656, 8027 Zürich.

Die genaue Beschreibung der neuen Änderungen am FLASH-Programm wird hingegen auf das Output-Listing jedes FLASH-Kontrolllaufes gedruckt.

Adresse der Verfasser: Prof. Dr. E. Anderheggen, Dr. U. Walder, Institut für Informatik, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.

Galaxien und explodierende Sterne

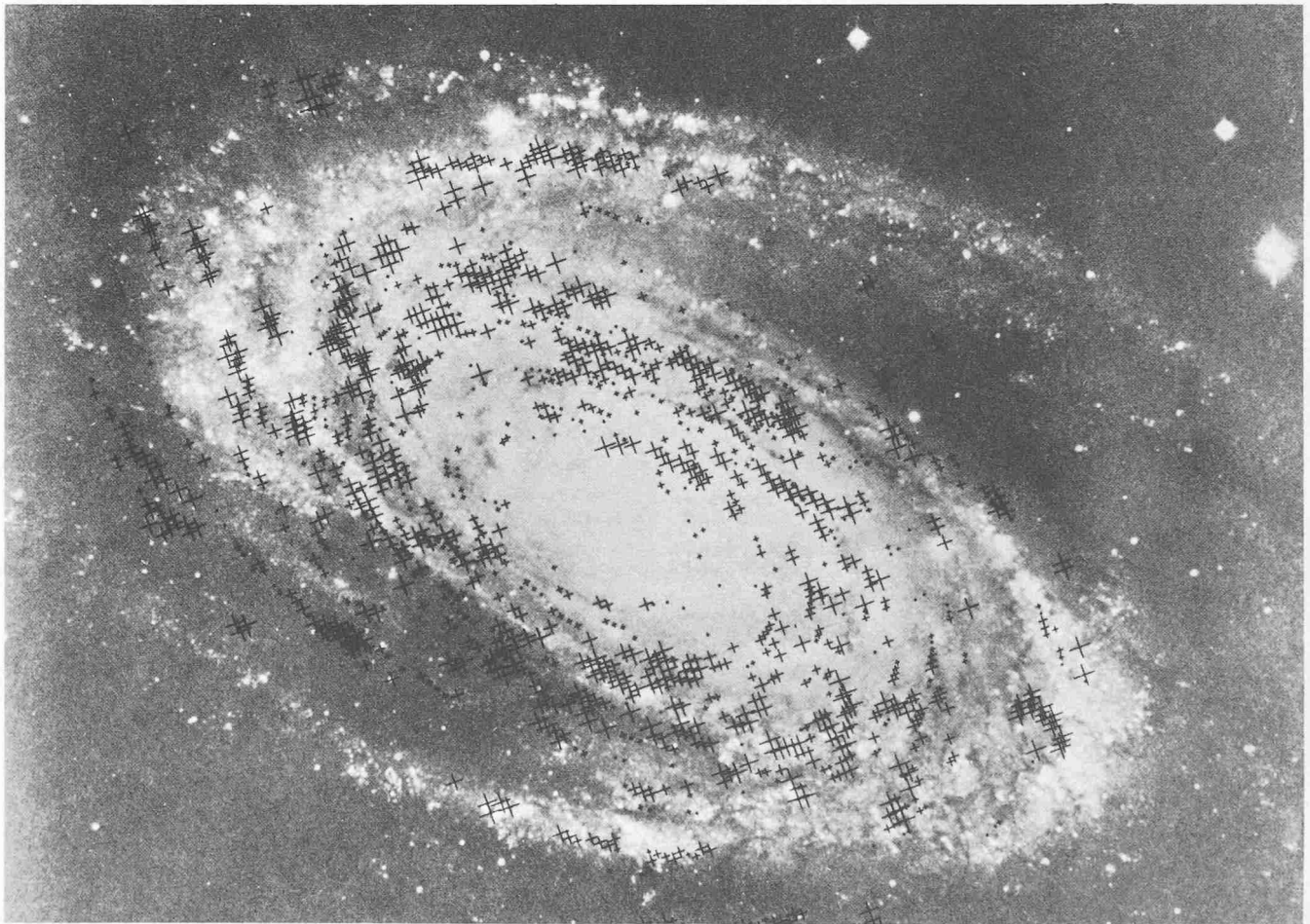
Die von den meisten Galaxien angenommenen *Spiralformen* können möglicherweise *örtlichen Kettenreaktionen von explodierenden Sternen* zugeschrieben werden. Zu dieser Schlussfolgerung gelangten zwei IBM-Forscher (*Humberto Gerola* und *Philip Seiden*). «Unsere Arbeit», so berichtet Gerola, «unterstützt einige kürzlich erzielte Ergebnisse, die vermuten lassen, dass die Entstehung unserer Sonne der Auswirkung einer *Supernovae* zuzuschreiben sei. Die Entstehung von Sternen durch derartige Explosionen könnte in unserer eigenen und in andern Galaxien eine gewöhnliche Erscheinung darstellen.»

Astronomen haben schon lange festgestellt, dass etwa 80 Prozent aller Galaxien, die sie durch ihre Teleskope beobachten können, eine Spiralform aufweisen. Neueren Datums ist die Entdeckung, dass derartige Galaxien aus *rotierenden Ringen von Sternen* bestehen. Dabei bewegen sich die *inneren Ringe langsamer als die äusseren*, die als *Spiralarme* bezeichnet werden. Wodurch könnte diese Form verursacht werden? Die einzige bekannte Kraft, die über derart riesige Entfernungen, wie sie die Galaxien aufweisen, und über hinreichend lange Zeit wirkt, ist die *Schwerkraft*. «Im wesentlichen», so Gerola, «erklärt die Schwerkraftstheorie das Vorhandensein der Spiralform nur für eine gewisse Anzahl Jahre. Offensichtlich wiesen jedoch die Galaxien diese Spiralformen während praktisch der gesamten Lebenszeit des Alls auf.» «Wir fragten uns, ob die Tatsache, dass

eine Naherscheinung über weite Entfernungen hinweg ein System organisieren kann, auch auf Galaxien angewendet werden kann», berichtet Seiden.

Gerola und Seiden vertreten die Ansicht, dass das Spiralmuster erhalten bleibt, weil sich aus massigen, kurzlebigen Sternen, die explodieren, ständig neue Sterne bilden. Nach einer gewissen Zeit werden auch diese neuen Sterne zu *Supernovae*. Dadurch wiederholt sich der Prozess der Bildung neuer Sterne. Daher verfügen die Spiralarme stets über junge Sterne, um die zu ersetzen, die von der Schwerkraft aus ihrem Bereich fortgetrieben werden. «Die Spiralstruktur zeigt sich nur im interstellaren Gas, und zwar bei jungen Sternen, die sehr hell und blau sind», erklärt Gerola. «Die neuen Sterne entstehen durch örtliche Kettenreaktionen», führt er weiter aus. «Bei einer *Supernovae* wird die Materie um den entsprechenden Stern durch die sich bildende Stosswelle zusammengedrückt. Daher nimmt die Dichte dieses Materials zu. Wenn dies geschieht, können sich in diesem zusammengepressten Material neue Sterne bilden. Einige dieser neuen Sterne sind massiv und werden nach einigen zehn Millionen Jahren selbst explodieren.»

Gerola und Seiden benützten im Forschungszentrum ein IBM-System/370 Modell 168, um ihre Theorie zu überprüfen. Sie bauten zweidimensionale Galaxiemodelle, die sie in Ringe unterteilten. Diese Ringe werden vom Computer entsprechend den tatsächlich



Ein IBM-System/370 Modell 168 simuliert die Entwicklung einer Galaxie. In der Bildüberlagerung wird das Computerresultat mit der tatsächlichen Photographie einer als M81 bekannten Galaxie verglichen (Photographie aus dem Hubble Galaxis-Atlas, Allan Sandage, Carnegie Institution, Washington, D.C., 1961.)