

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 13 (1988)

**Artikel:** Automatisierung der Berechnungen von räumlichen Konstruktionen

**Autor:** Saweljew, W.A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-12991>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

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

## Automatisierung der Berechnungen von räumlichen Konstruktionen

Computer-Aided Design of Three-Dimensional Structures

Automatisation du calcul de constructions spatiales

**W. A. SAWELJEW**  
Kand. der Wissenschaften,  
Melnikow-Institut  
Moskau, UdSSR



Witalij Saweljew, geboren 1936. Studium am Institut für Ingenieurbau in Moskau, Spezialisierung im Industrie- und Ingenieurbauwesen. Ausarbeitung konstruktiver Lösungen und Rechenmethoden für weitgespannte räumliche Dachtragwerke.

### ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht gibt allgemeine Informationen über einen Programmkomplex, der es ermöglicht, die Probleme der geometrischen Berechnung und Formbildung zu lösen.

### SUMMARY

In the report general information on some software to solve problems of geometric analysis and three-dimensional form-developing of metal structures is given.

### RÉSUMÉ

Le rapport présente des données sommaires sur le complexe des programmes qui permet de résoudre les problèmes du calcul et de la conception de la forme des constructions métalliques tridimensionnelles.



## 1. EINFÜHRUNG

Bei der Projektierung räumlicher Metallkonstruktionen, wie Kuppeln, Hängedächer und Kühltürme ist die geometrische Berechnung relativ kompliziert und aufwendig. Bis in neuere Zeit wurden die geometrischen Parameter solcher Bauwerke manuell oder manchmal mit individuellen Computerprogrammen ermittelt.

## 2. DER PROGRAMMKOMPLEX "GERA"

Für die Lösung eines breiten Aufgabenbereichs der geometrischen Berechnung und Darstellung räumlicher Metallkonstruktionen wurde ein Programmkomplex "GERA" erfolgreich entwickelt.

Die Hauptteile des Programmkomplexes sind:

- Einführung der Bezugsdaten
- Geometrische Darstellungen
- Umwandlungen
- Berechnungen
- Tabellieren
- Bildung des topologischen Schemas
- Projizierung
- Anordnung der Darstellung
- Zeichnungsausgabe

Jeder Teil besteht gewöhnlich aus einigen unabhängigen Teilen oder Berechnungsprozeduren. Bei einer konkreten Prozedur fragt das Programm alle notwendigen Bezugsdaten ab, wobei es auf Punkte, Längen, Winkel usw. hinweist. Die Nummer der Programmteile und genutzten Prozeduren zusammen mit wirklichen Parametern als Punkt-, Längen- und Winkelnummer werden als zweidimensionales ganzzahliges Feld C aufbewahrt. Das Feld C bestimmt die Reihenfolge der Berechnungsprozeduren und ist im Grunde genommen das Lösungsprogramm der konkreten Aufgabe, die nicht in der Programmiersprache, sondern in einer relativen, problemorientierten Sprache geschrieben ist, welche mit weiteren Berechnungsprozeduren operiert. Die gemeinsame Invariante ist das Nummerierungsschema der Knoten, Längen und Winkel sowie anderer geometrischer Elemente. Die konkreten Berechnungszahlen dieser Elemente können jedoch verschieden sein. Das Feld C, das im Regime Mensch-Computer gebildet ist, erlaubt die Berechnung mit neuen Bezugsdaten ganz oder teilweise bei einer beliebigen Zahl von Wiederholungen und Umadressierungen automatisch zu wiederholen.

### 2.1. Einführung der Bezugsdaten

Jede geometrische Berechnung benötigt numerische Anfangsinformationen als konkrete Punkt-, Längen- und Winkelkoordinaten. Der erste Teil dieses Programmkomplexes ist gerade für die Einführung dieser Information vorgesehen. Im Verlaufe der Berechnung werden in der Regel zusätzliche Eingaben numerischer Information verlangt, aber in diesem Fall ist es zweckmässiger, sie mit entsprechenden Programmblöcken zu realisieren. Bei einigen Aufgaben, wo z.B. wirkliche Messergebnisse der Parameter eines geometrischen Objekts mit rechnerischen Werten verglichen werden, kann der Umfang eingegebener Anfangsinformation ziemlich gross sein, aber dieser Fall ist nicht kennzeichnend.

## 2.2. Geometrische Darstellungen

Dieser Teil ist der Hauptteil des Komplexes. Das Ergebnis jeder berechneten Prozedur sind Punkte im Raum, die als Schnitte dreier Flächen bestimmt werden. Die produktivsten Berechnungsprozeduren sind: Kreuzung dreier Kugeloberflächen, zweier Kugeloberflächen und einer Ebene, einer Kugeloberfläche und zweier Ebenen. Die Lösung dieser Aufgaben sind Koordinaten zweier Raumpunkte.

Zwischen zwei Lösungen wird eine Lösung gewählt. In vielen Fällen sind die Punkte einander nahe, und die Auswahl einer Lösung fordert eine ausführliche Analyse. Dafür eignet sich ein Dialogprogramm, wobei die Darstellung des nötigen Fragments in grossem Massstab erfolgt. Die weiteren Berechnungsprozeduren sind: Kreuzung dreier Ebenen, einer Geraden und einer Ebene, einer Geraden und einer Kugeloberfläche, einer Geraden und eines Zylinders, einer Geraden und eines Kegels usw. Die einzelnen Flächen können analytisch oder numerisch angegeben werden.

## 2.3. Umwandlungen

Die neuen Punkte können aus den bekannten mit Hilfe einer linearen Umwandlung des Raums bekommen werden, wie Rotation, Versetzung, Spiegelung, lineare Verformung, Verschiebung. Der allgemeine Fall einer Umwandlung ist der Übergang zu einem neuen Koordinatensystem. Alle Transformationen können sowohl mit einem einzelnen Punkt als auch mit einer Punktgruppe durchgeführt und mehrfach wiederholt werden.

## 2.4. Berechnungen

Die Hauptinformation über die Geometrie eines Objekts sind kartesische Koordinaten charakteristischer Punkte. Aber in vielen Fällen reicht diese Information nicht aus. Die Prozeduren des Teils "Berechnungen" erlauben Punktabstände, Winkel zwischen Geraden, Winkel zwischen Ebenen und die Ebenen dreieckiger Zellen zu bestimmen. Die Prozedurliste kann leicht um weitere Berechnungen für Schwerpunkte, axiale und zentrifugale Trägheitsmomente usw. erweitert werden.

## 2.5. Tabellieren

Die Operatoren dieses Teils des Programmkomplexes erlauben die Ausgabe kartesischer, zylindrischer oder sphärischer Koordinaten und anderer obgenannter geometrischer Parameter in Tabellenform auf den Displayschirm oder den Printer.

## 2.6. Bildung des topologischen Schemas

Die numerische Information über ein geometrisches Objekt ist notwendig, aber nicht ausreichend. In vielen Fällen wäre auch eine graphische Darstellung erwünscht. Um eine Darstellung zu bekommen, werden Punktverbindungen mit Geraden eingeführt. Man kann ein beliebiges Schema mit verschiedenen Methoden in gebrochene Linien aufteilen und als Liste der Punktnummern, welche die Knoten dieser gebrochenen Linien bezeichnen, anschreiben. Die Anfangsnummer dieser Liste bekommt ein negatives Vorzeichen.

Der Programmkomplex GERA ist hauptsächlich auf die Benutzung bei der Projektierung von Metallbaukonstruktionen ausgelegt, deshalb stellt jede Gerade in der Darstellung entweder eine Stabachse oder die Schnittgerade zweier Ebenen dar. Die Flächen im Gegensatz



zu Stabelementen werden als gebrochene Linien beschrieben. Das Zusammenfallen der Nummer des Anfangs- und Endpunktes bedeutet, dass die durch die gebrochene Linie begrenzte Fläche eine un-durchsichtige Platte ist.

Bei der Bildung eines topologischen Schemas regulärer Konstruktionen können verschiedenartige Wiederholungen effektiv genutzt werden. Dies erlaubt den Pultarbeitsaufwand um ein Vielfaches zu vermindern. Wie das Programmfeld C, ist auch das topologische Schema in Bezug auf Punktkoordinaten invariant. Das einmal entwickelte Schema kann mehrmals genutzt werden, um die optimale geometrische Form des projektierten Objekts zu finden.

### 2.7. Projizierung

Das topologische Schema und das Koordinatenfeld sind die ausreichende Information für die Bildung der zentralen Projektion eines Raumobjekts von einem beliebigen angegebenen Punkt aus. Die orthogonalen Projektionen sind ein spezieller Fall perspektiver Darstellung, für deren Bildung der Zentralpunkt nur weit vom Objekt entfernt werden muss. Die erhaltene Darstellung kann am Displayschirm ganz oder teilweise dargestellt und anschließend auf Magnetplatte aufgezeichnet werden.

### 2.8. Anordnung der Darstellung, Umformung und Redigieren der Darstellung

Dieser Programmblock erlaubt die Zeichnung des gewünschten Formats aus vorgegebenen, auf der Magnetplatte gespeicherten ebenen Darstellungen. Die Darstellungen können im entsprechenden Massstab gezeichnet, gedreht und beschriftet werden.

### 2.9. Zeichnungsausgabe

Die mit den zwei obgenannten Programmblöcken gebildeten Darstellungen werden mit Hilfe eines Plotters oder Printers auf Papier ausgegeben.

## 3. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe des Programmkomplexes GERA wurden einige geometrische Aufgaben zur Projektierung räumlicher Stahlkonstruktionen gelöst. Dabei ist es gelungen, den Freivorbau weitgespannter Kuppeldächer zu modellieren und den Einfluss der Herstellungsgenauigkeit einzelner Elemente auf die Montierbarkeit und das Abweichungsmaß der Konstruktionsknoten gegenüber der projektierten Lage zu untersuchen, geometrische Kennwerte zu berechnen und perspektive Knotendarstellungen komplizierter Raumkonstruktionen zu erstellen.