

Zeitschrift:	Commentarii Mathematici Helvetici
Herausgeber:	Schweizerische Mathematische Gesellschaft
Band:	35 (1961)
Artikel:	Zwei elementare Sätze über positive Lösungen linearer homogener Gleichungssysteme.
Autor:	Gross, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-27346

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: 16.02.2026

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

Zwei elementare Sätze über positive Lösungen linearer homogener Gleichungssysteme

Von H. Gross, Zürich

Für positive bzw. nichtnegative Lösungen eines linearen homogenen Gleichungssystems gelten die beiden folgenden Sätze:

1. Satz: Das lineare homogene Gleichungssystem

$$\sum_{k=1}^n \alpha_{ik} \xi_k = 0 \quad (i = 1, \dots, m) \quad (1)$$

hat dann und nur dann eine positive Lösung $\xi_k > 0$ ($k = 1, \dots, n$), falls jede Lösung η des transponierten Ungleichungssystems

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{ik} \eta_i \geq 0 \quad (k = 1, \dots, n) \quad (2)$$

sogar eine Lösung des Gleichungssystems

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{ik} \eta_i = 0 \quad (k = 1, \dots, n)$$

ist.

2. Satz: Das lineare homogene Gleichungssystem (1) besitzt dann und nur dann eine nichtnegative Lösung $\xi_k \geq 0$ ($k = 1, \dots, n$), nicht alle $\xi_k = 0$, falls für jede Lösung η des transponierten Ungleichungssystems (2) in mindestens einer Ungleichung das Gleichheitszeichen gilt.

Beweis des 1. Satzes: Der Beweis lässt sich leicht geometrisch führen. Wir betrachten zwei reelle euklidische Vektorräume A^n, B^m der Dimensionen n und m , in denen je eine orthonormierte Basis $(e_1, \dots, e_n), (\bar{e}_1, \dots, \bar{e}_m)$ ausgewählt sein möge. φ sei eine lineare Abbildung von A^n in B^m , $\varphi: A^n \rightarrow B^m$ mit der Matrix (α_{ik}) . Die lineare Abbildung φ^* , die durch die Skalarprodukte in den Räumen A^n, B^m induziert wird, $\varphi^*: B^m \rightarrow A^n$, $(\varphi x, y) = (x, \varphi^* y)$ mit $x \in A^n, y \in B^m$ hat bekanntlich die zur Matrix (α_{ik}) transponierte Matrix.

Es habe nun das System (1) eine durchwegs positive Lösung, das heißt, es existiere ein Vektor $x_0 \in A^n$ mit $(x_0, e_i) > 0$ ($i = 1, \dots, n$) derart, daß $(\varphi x_0, \bar{e}_j) = 0$ ($j = 1, \dots, m$). Die Hyperebene E mit dem Normalenvektor x_0 , definiert durch die lineare Gleichung $(x_0, x) = 0, x \in A^n$, enthält keinen Vektor x mit $(x, e_i) \geq 0$ ($i = 1, \dots, n$) außer dem Nullvektor. Denn ist

mindestens ein $(x, e_i) > 0$, so folgt wegen $(x_0, e_i) > 0$ ($i = 1, \dots, n$) daß $(x_0, x) = \sum (x_0, e_i)(x, e_i) > 0$, was nicht geht. Nach Voraussetzung ist $(\varphi x_0, \bar{e}_j) = (x_0, \varphi^* \bar{e}_j) = 0$ ($j = 1, \dots, m$), also $\varphi^* B^m \subset E$. Somit enthält $\varphi^* B^m$ außer dem Nullvektor keinen Vektor, dessen sämtliche Komponenten nichtnegativ sind. Damit ist die erste Hälfte des Satzes bewiesen.

Hat umgekehrt der Kegel $K = \{x \mid x = \sum \lambda_i e_i, \lambda_i \geq 0, i = 1, \dots, n\}$ mit dem Bildraum $\varphi^* B^m$ nur den Nullvektor gemeinsam, so gibt es wegen der Konvexität von K eine Hyperebene E , die mit K nur den Nullvektor gemeinsam hat und $\varphi^* B$ enthält (folgt etwa aus dem Satz von HAHN-BANACH). E sei definiert durch die Gleichung $(x_0, x) = 0$, $x_0 \in A^n$. Offenbar liegt K ganz in einem der beiden durch E definierten offenen Halbräume, das heißt, es gilt $(x_0, e_i) > 0$ ($i = 1, \dots, n$) oder aber $(x_0, e_i) < 0$, ($i = 1, \dots, n$). Also liegt x_0 oder $-x_0$ in K . Es möge x_0 in K liegen. Da $\varphi^* B \subset E$ gilt, ist $(x_0, \varphi^* \bar{e}_j) = 0$, ($j = 1, \dots, m$). Somit gibt es einen Vektor $x_0 \in A^n$ mit $(x_0, e_i) > 0$ ($i = 1, \dots, n$) und $(\varphi x_0, \bar{e}_j) = 0$ ($j = 1, \dots, m$).

Die geometrische Überlegung zum Beweis des 2. Satzes entspricht genau der vorangehenden. Beweise zu den einen Hälften der beiden Sätze findet man in Math. Ann. 76 (1915), 340–342: E. STIEMKE, *Über positive Lösungen homogener linearer Gleichungen*.

Eine elegante Anwendung des 1. Satzes auf die Theorie der quadratischen Formen findet man in E. S. BARNES, *On a Theorem of Voronoï*, Proc. Cambridge Philos. Soc. 53 (1957), 537–539. (In Gleichung (3) der zuletzt zitierten Arbeit ist offenbar \geq durch $=$ zu ersetzen.)

Eingegangen den 20. November 1960