

Zeitschrift: Elemente der Mathematik
Herausgeber: Schweizerische Mathematische Gesellschaft
Band: 26 (1971)
Heft: 2

Rubrik: Aufgaben

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: 12.01.2026

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

Den Beweis des Satzes führen wir nun durch vollständige Induktion über die Teiler von n .

Ist m ein Primteiler von n , so gilt nach Voraussetzung $p \leq m$ und nach der Vorbermung sind sogar je $m - 1$ paarweise verschiedene m -te Einheitswuzeln über K linear unabhängig. Damit ist der Induktionsbeginn erledigt.

Wir nehmen nun an, dass der Satz für alle echten Teiler von n richtig sei und setzen $t = n/p$. Wäre nun $r \leq p - 1$ und wären ξ_1, \dots, ξ_r paarweise verschiedene linear abhängige n -te Einheitswurzeln über K , so hätte man eine Gleichung

$$a_1 \xi_1 + \dots + a_r \xi_r = 0, \quad (1)$$

in der die a_i rationale Zahlen sind, die wir o. B. d. A. als von Null verschieden annehmen dürfen. Jedes ξ_i lässt sich in der Form

$$\xi_i = \eta_i \zeta_n^{f_i} \quad (2)$$

darstellen, wo $\eta_i \in K$, und $0 \leq f_i \leq p - 1$ ist. Wir können daher (1) durch geeignete Zusammenfassung überführen in

$$S_0 + S_1 \zeta_n + \dots + S_{p-1} \zeta_n^{p-1} = 0. \quad (3)$$

Hierbei sind die S_j entweder leer oder Linearkombinationen t -ter Einheitswurzeln. Natürlich sind nicht alle S_j leer.

Wegen $r \leq p - 1$ ist mindestens ein S_j leer. Von den Elementen $1, \zeta_n, \dots, \zeta_n^{p-1}$ treten daher in (3) höchstens $p - 1$ Elemente auf. Diese sind aber über K linear unabhängig; mithin müssen in (3) die nichtleeren S_j verschwinden.

Aus (2) ist nun ersichtlich, dass die nichtleeren S_j Linearkombinationen paarweise verschiedener t -ter Einheitswurzeln sind. Natürlich treten in keinem solchen S_j mehr als r Glieder auf, und das ist ein Widerspruch zur Induktionsannahme. Die ξ_1, \dots, ξ_r sind also entgegen unserer Annahme linear unabhängig. E. WITTMANN, Erlangen

LITERATUR

- [1] L. RÉDEI, *Die neue Theorie der endlichen abelschen Gruppen und Verallgemeinerung des Hauptsatzes von Hajós*, Acta math. Acad. Sci. Hung. XVI, 329–373 (1965).
- [2] B. L. VAN DER WAERDEN, *Algebra I*, 7. Auflage (Springer 1966).

Aufgaben

Aufgabe 618. Ist für jede Primzahl $p > 2$ $\eta(p)$ die kleinste natürliche Zahl k mit $2^k \equiv 1 \pmod{p}$, $E(r)$ für $r \geq 2$ die Anzahl der Primzahlen p mit $\eta(p) = r$ und $A(x, \delta)$ für $0 < \delta < 1$ die Anzahl aller Primzahlen p mit $p \leq x$ und $\eta(p) > p^\delta$, so gilt:

$$E(r) \leq \ln 2 \cdot \frac{r}{\ln r} \quad (r \geq 2), \quad A(x, \delta) = \frac{x}{\ln x} + o\left(\frac{x}{\ln x}\right) \quad \left(0 < \delta < \frac{1}{2}\right)$$

und

$$A\left(x, \frac{1}{2}\right) \geq (1 - \ln 2) \cdot \frac{x}{\ln x} + o\left(\frac{x}{\ln x}\right) \quad (x \rightarrow \infty).$$

Man beweise diese Behauptungen.

G. Jaeschke, Sindelfingen

Lösung: Für festes $r \geq 2$ setzen wir

$$2^r - 1 = (p_1^{a_1} \cdots p_s^{a_s}) (q_1^{b_1} \cdots q_t^{b_t}), \quad (1)$$

wo p_i ($1 \leq i \leq s$) genau diejenigen Primzahlen bezeichnen, für die $p_i \nmid (2^j - 1)$ für $2 \leq j < r$, falls solche überhaupt vorkommen; dann ist $s = E(r)$. (Andernfalls ist $E(r) = 0$ und die Behauptung bereits bewiesen.) Nach dem kleinen Fermatschen Satz ist $p_i \mid (2^{p_i-1} - 1)$ für $1 \leq i \leq s$ und daher $p_i - 1 \geq r$. Aus (1) folgt durch Abschätzen

$$2^r > p_1 \cdots p_s \geq (r+1)^s > r^{E(r)},$$

was unmittelbar die erste Behauptung liefert.

Offensichtlich ist jetzt für $0 < \delta < 1$

$$A(x, \delta) = \sum_{\substack{p \leq x \\ \eta(p) > p^\delta}} 1 = \sum_{p \leq x} 1 - \sum_{\substack{p \leq x \\ \eta(p) \leq p^\delta}} 1; \quad (2)$$

nach dem Primzahlsatz ist die erste Summe rechts in (2) gleich $(x/\ln x)(1 + o(1))$ für $x \rightarrow \infty$. In der zweiten vergrössern wir auf

$$\sum_{\substack{p \leq x^\delta \\ \eta(p) \leq x^\delta}} 1 = \sum_{r=2}^{[x^\delta]} \sum_{\substack{p \leq x^\delta \\ \eta(p)=r}} 1 = \sum_{r=2}^{[x^\delta]} E(r) < 2 + \ln 2 \sum_{r=3}^{[x^\delta]} \frac{r}{\ln r} < 2 + \ln 2 \int_3^{1+[x^\delta]} \frac{t dt}{\ln t}. \quad (3)$$

Nun gilt für $3 \leq a < b$ jedenfalls

$$2 \left(1 - \frac{1}{2 \ln a}\right) \int_a^b \frac{t dt}{\ln t} \leq 2 \int_a^b \left(1 - \frac{1}{2 \ln t}\right) \frac{t dt}{\ln t} = \frac{t^2}{\ln t} \Big|_a^b < \frac{b^2}{\ln b}. \quad (4)$$

Ist $0 < \delta < 1/2$ und setzen wir in (4): $a = 3$, $b = 1 + [x^\delta]$, so zeigt sich, dass das Integral in (3) ein $O(x^{2\delta}/\ln x)$ und also ein $o(x/\ln x)$ ist. Im Fall $\delta = 1/2$ muss man mehr Sorgfalt walten lassen und das Integral in (3) auftrennen, etwa in $\int_3^{x^{1/4}} + \int_{x^{1/4}}^{1+[x^{1/2}]}$; dann ist

$$\int_3^{x^{1/4}} \frac{t dt}{\ln t} < \frac{4 x^{1/4}}{\ln x} x^{1/4} = o\left(\frac{x}{\ln x}\right). \quad (5)$$

Zur Abschätzung des andern Integrals setzt man in (4) $a = x^{1/4}$, $b = 1 + [x^{1/2}]$ und erhält

$$\int_{x^{1/4}}^{1+[x^{1/2}]} \frac{t dt}{\ln t} < \frac{1}{2 \left(1 - \frac{2}{\ln x}\right)} \frac{(1 + \sqrt{x})^2}{\frac{1}{2} \ln x} = \frac{x}{\ln x} (1 + o(1)). \quad (6)$$

Denkt man sich noch (5) und (6) in (3) eingetragen, so folgt aus (2) die Behauptung über $A(x, 1/2)$.

P. Bundschuh, Freiburg i. Br.

Aufgabe 619. Let k be an integer larger than 1, p_n the n th prime, $\varphi(m)$ the number of positive integers less than m which are relatively prime to m , $\sigma(m)$ the sum of the divisors of m , and ζ the Riemann Zeta function. Prove the following:

$$\zeta(k) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(p_1 \times \dots \times p_n)^k}{\varphi(p_1 \times \dots \times p_n) \times \sigma[(p_1 \times \dots \times p_n)^{k-1}]}.$$

R. E. Atalla, Athens, Ohio, USA

Lösung: Bezeichnen wir den unter dem lim-Zeichen stehenden Ausdruck mit $z(k; n)$, so folgt aus der Multiplikativität der beiden Funktionen φ und σ :

$$z(k; n) = \prod_{i=1}^n (1 - p_i^{-k})^{-1}. \quad (*)$$

Aus der für alle komplexen s mit $\operatorname{Re} s > 1$ gültigen Eulerschen Identität

$$\zeta(s) = \prod_{i=1}^{\infty} (1 - p_i^{-s})^{-1}$$

und aus $(*)$ folgt die Behauptung sofort.

P. Bundschuh, Freiburg i. Br.

Aufgabe 621. Démontrer d'une façon élémentaire en deux lignes qu'il existe une infinité de nombres triangulaires qui sont, de deux façons au moins, sommes de deux nombres triangulaires. Démontrer d'une façon élémentaire en trois lignes qu'il existe une infinité de nombres triangulaires qui sont, de trois façons au moins, sommes de deux nombres triangulaires.

W. Sierpiński †, Varsovie

Erster Beweis: Für natürliche n setzen wir $t(n) = (1/2) n (n + 1)$. Dann gilt

$$\begin{aligned} x \equiv 1 \pmod{5} \Rightarrow t\left(\frac{x^2 + x}{2}\right) &= t\left(\frac{x^2 + x - 2}{2}\right) + t(x) \\ &= t\left(\frac{3x^2 + 3x - 6}{10}\right) + t\left(\frac{2x^2 + 2x + 1}{5}\right). \end{aligned}$$

Zweiter Beweis: Mit $t(n)$ wie oben hat man

$$\begin{aligned} x \equiv 71 \pmod{85} \Rightarrow t\left(\frac{x^2 + x}{2}\right) &= t\left(\frac{x^2 + x - 2}{2}\right) + t(x) \\ &= t\left(\frac{3x^2 + 3x - 6}{10}\right) + t\left(\frac{2x^2 + 2x + 1}{5}\right) \\ &= t\left(\frac{15x^2 + 15x - 10}{34}\right) + t\left(\frac{4x^2 + 4x + 3}{17}\right). \end{aligned}$$

A. Bager, Hjørring, Dänemark

Eine weitere Lösung sandte P. Bundschuh (Freiburg i. Br.).

Neue Aufgaben

Die Lösungen sind getrennt nach den einzelnen Aufgaben erbeten bis **10. November 1971**, wenn möglich in Maschinenschrift.

Aufgabe 642. Am ebenen Dreieck mit Seiten a, b, c , Inradius r , Umradius R und Flächeninhalt rs beweise man die Verschärfung

$$(b - c)^2 + (c - a)^2 + (a - b)^2 + k [r s \sqrt{3} + (4 - 2\sqrt{3}) r (R - 2r)] \leq \begin{cases} a^2 + b^2 + c^2 & \text{für } k = 4 \\ (a + b + c)^2/2 & \text{für } k = 6 \end{cases}$$

zweier Ungleichungen von H. Hadwiger, Jber. DMV 49, 2. Abt. S. 35–39.

I. Paasche, München

Aufgabe 643. Man beweise, dass für $n \geq 2$ die Ebene durch ein vollständiges n -Eck in allgemeiner Lage in

$$\frac{1}{8} \cdot (n^4 - 6n^3 + 23n^2 - 26n + 8)$$

Gebiete zerlegt wird.

A. Dreiding und P. Hohler, Zürich

Aufgabe 644. Im Dreieck ABC sei $\beta \leq \gamma$, wobei B bzw. C den Scheitel von β bzw. γ bezeichnet. Wählt man $X \in \overline{AB}$ und $Y \in \overline{AC}$ so, dass $\angle XCB = \lambda \gamma$ und $\angle YBC = \lambda \beta$ mit $0 < \lambda \leq 1$, so gilt $CX \leq BY$ mit Gleichheit genau für $\beta = \gamma$. Man beweise diese Behauptung. P. Erdös, Budapest

Aufgabe 645. Let p be a fixed prime and a, b, s, k nonnegative integers. Let $E(a, b)$ denote the largest value of k such that $p^k \mid \binom{a+b}{a}$ and let $E'(a, b)$ denote the largest value of k such that

$$p^k \mid (a + b + 1) \binom{a+b}{a}.$$

Show that

$$E(a, b) + E' (p^s - a - 1, p^s - b - 1) = s, \quad (*)$$

provided

$$0 \leq a < p^s; \quad 0 \leq b < p^s.$$

L. Carlitz, Duke University, USA

Problem 645 A. Find three complex integers x, y, z and a rational integer $n > 1$ which satisfy the equation (1) $x^p + y^p = n z^p$ for every prime $p > 3$, where $z > 1$ and n is not a perfect p th power. Note that for $n = 1$ (1) has the solutions

$$x = 1 + i\sqrt{3}, \quad y = 1 - i\sqrt{3}, \quad z = 2.$$

[Amer. Math. Monthly 50, 641 (1943)].

The problem is classified as an unsolved problem.

J. M. Gandhi, Western Illinois University, USA