Beiträge zur Algebra und Geometrie
7 (1978), 7 – 12

Über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung höherer Stufe für Unterringe

DINH VAN HUYNH und ALFRED WIDIGER

In dieser kurzen Arbeit sollen die Betrachtungen von [5, 1, 2] und [3] über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung ergänzt und abgeschlossen werden.
Ein Ring R wird E_1MU-*Ring* genannt, wenn für jedes Ideal $I \neq (0)$ von R der Faktorring R/I die Minimalbedingung für Unterringe erfüllt. R ist ein EE_1MU-Ring, wenn er ein E_1MU-Ring ist, der nicht selbst der Minimalbedingung für Unterringe genügt.
Induktiv definieren wir: R sei E_kMU-Ring, wenn für jedes Ideal $I \neq (0)$ von R der Faktorring R/I ein $E_{k-1}MU$-Ring ist. Ein E_kMU-Rnig, der nicht E_hMU-Ring für ein $h < k$ ist, werde ein EE_kMU-Ring genannt.
Es sei $\mathscr{U}_k$ die Klasse aller EE_kMU-Ringe, für die jeder Faktorring nach einem Primideal der Minimalbedingung für Unterringe genügt. In [6] wurde die Klasse aller Ringe mit Minimalbedingung für Unterringe charakterisiert, in [5] die Klasse $\mathscr{U}_1$, in [2] die Klasse $\mathscr{U}_2$.
In dieser Arbeit werden wir die Ringe aus $\mathscr{U}_k$ charakterisieren, die genau k unabhängige minimale Ideale haben. Dabei werden wir die Beweise nur soweit ausführen, wie sie nicht den Beweisen der entsprechenden Sätze von [3] analog sind.
Wir benutzen die gleichen Bezeichnungen wie in [3] und übernehmen insbesondere die Begriffe „ausgezeichnetes Ideal", „ausgezeichnete Kette" und „kleinste ausgezeichnete Kette". Zunächst besitzt jeder Ring aus $\mathscr{U}_k$ höchstens k unabhängige minimale Ideale. Das folgt genauso wie Hilfssatz 1 von [3].

Hilfssatz 1. *Es sei $R \in \mathscr{U}_k$ ($k \geqq 2$), und N sei ein ausgezeichnetes Ideal von R mit $N \not\subseteq J(R)$. Dann gilt*

$$R = N \boxplus R^* \text{ mit } N \cong S_m.$$

Dabei ist R^* ein Ring aus $\mathscr{U}_{k-1}$ und S ein Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper. Ist S unendlich, so ist $m = 1$.

Der Beweis verläuft genau so wie der von Hilfssatz 2 in [3], wenn man beachtet, daß die Voraussetzungen von Theorem 2 auf Seite 56 von [4] erfüllt sind, denn R ist entweder artinsch oder ein EE_hMI-Ring für ein $h \leqq k$ (und dann vergleiche man Satz 3 von [2]).

Folgerung 2. Es sei $R \in \mathcal{U}_k$ $(k \geqq 2)$. Genau dann besitzt R eine ausgezeichnete Kette

$$N_1 \supset N_2 \supset \cdots \supset N_{k-1} \supset N_k = (0)$$

mit $N_1 \cap J(R) = (0)$, wenn

$$R = S^{(1)}_{m_1} \boxplus \cdots \boxplus S^{(k-1)}_{m_{k-1}} \boxplus R^*$$

gilt, wobei die $S^{(i)}$ $(i = 1, \ldots, k-1)$ Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper sind und R^* ein Ring aus $\mathcal{U}_1$ ist. Ist $S^{(i)}$ $(i = 1, \ldots, k-1)$ unendlich, so ist $m_i = 1$.

Zum Beweis vergleiche die Bemerkung nach Folgerung 3 von [3].

Es sei nun $\mathcal{U}^{(k)}_k$ die Klasse aller Ringe R aus $\mathcal{U}_k$, die k unabhängige ausgezeichnete Ideale $N_1, \ldots, N_k$ mit der Eigenschaft besitzen, daß der Faktorring nach $N_1 + \cdots + N_{i-1} + N_{i+1} + \cdots + N_k$ für jedes i ein Ring aus $\mathcal{U}_1$ ist.

Satz 3. *Es sei R ein Ring der Klasse $\mathcal{U}^{(k)}_k$, $k \geqq 2$. Dann gehört R zu genau einer der folgenden Klassen, und jeder Ring aus einer dieser Klassen gehört zu $\mathcal{U}^{(k)}_k$:*

(I) *R ist ein vollständig primärer Ring, $S = R/J(R)$ ist unendlicher Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper. Es gilt $J(R)^2 = (0)$, und $J(R)$ ist unitärer S-Links- und Rechtsmodul. $J(R)$ enthält k verschiedene minimale Ideale $N_1, \ldots, N_k$ von R mit*

$$J(R) = N_1 \oplus \cdots \oplus N_k.$$

(II) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = A \oplus N_{h+1} \oplus \cdots \oplus N_k,\ 1 \leqq h \leqq k-1.$$

Dabei ist A ein vollständig primärer Ring aus $\mathcal{U}^{(h)}_h$, $S = A/J(A)$ ist unendlicher Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper. $J(A)^2 = (0)$, und $J(A)$ enthält h verschiedene minimale Ideale $N_1, \ldots, N_h$ von A mit

$$J(A) = N_1 \oplus \cdots \oplus N_h.$$

$N_{h+1}, \ldots, N_{k-1}, N_k$ sind minimale Ideale von R. Es gibt eine nichtnegative ganze Zahl i derart, daß

$$\begin{aligned} J(R)^2 &= AN_{h+1} = \cdots = AN_{h+i} = N_{h+i+1}A = \cdots = N_{k-1}A = N_kA \\ &= N_jN_{j'} = (0) \text{ mit } j, j' = h+1, \ldots, k \end{aligned}$$

gilt. $N_{h+1}, \ldots, N_{h+i}$ sind einfache unitäre S-Rechtsmoduln, $N_{h+i+1}, \ldots, N_k$ sind einfache unitäre S-Linksmoduln.

(III) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = S \oplus N_1 \oplus \cdots \oplus N_k.$$

Dabei ist S unendlicher Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper, $N_1, \ldots, N_k$ sind verschiedene minimale Ideale von R. Es gibt eine nichtnegative ganze Zahl i derart, daß

$$J(R)^2 = SN_1 = \cdots = SN_i = N_{i+1}S = \cdots = N_kS = N_jN_{j'} = (0)$$

für $0 \leqq i \leqq k$; $j, j' = 1, \ldots, k$ gilt. $N_1, \ldots, N_i$ sind einfache unitäre S-Rechts- und $N_{i+1}, \ldots, N_k$ einfache unitäre S-Linksmoduln.

(IV) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = S^{(1)}_{m_1} \oplus S^{(2)}_{m_2} \oplus N_1 \oplus \cdots \oplus N_k.$$

Dabei sind $S^{(1)}$ und $S^{(2)}$ Körper gleicher Charakteristik mit Minimalbedingung für Unterkörper; $N_1, \ldots, N_k$ sind verschiedene unendliche minimale Ideale von R. Es gibt eine nichtnegative ganze Zahl i derart, daß

$$\begin{aligned} J(R)^2 &= S^{(1)}_{m_1} S^{(2)}_{m_2} = S^{(2)}_{m_2} S^{(1)}_{m_1} = S^{(1)}_{m_1} N_1 = \cdots = S^{(1)}_{m_1} N_i = N_1 S^{(2)}_{m_2} \\ &= \cdots = N_i S^{(2)}_{m_2} = N_{i+1} S^{(1)}_{m_1} = \cdots = N_k S^{(1)}_{m_1} = S^{(2)}_{m_2} N_{i+1} = \cdots \\ &= S^{(2)}_{m_2} N_k = N_j N_{j'} = (0) \text{ für } j, j' = 1, \ldots, k \end{aligned}$$

gilt. $N_1, \ldots, N_i$ sind unitäre $S^{(1)}_{m_1}$-Rechts- und $S^{(2)}_{m_2}$-Linksmoduln, $N_{i+1}, \ldots, N_k$ sind unitäre $S^{(1)}_{m_1}$-Links- und $S^{(2)}_{m_2}$-Rechtsmoduln. Ist $S^{(j)}$, $j = 1, 2$, unendlich, so ist $m_j = 1$.

Beweis. Es sei N ein ausgezeichnetes Ideal von R. N kann weder im Annullator von R liegen noch mit $J(R)$ den Durchschnitt Null bilden. Denn anderenfalls wäre $R/(N_1 + \cdots + N_{k-1})$ kein EE_1MU-Ring, wenn $N_1, \ldots, N_{k-1}$ voneinander und von N unabhängige ausgezeichnete Ideale von R sind. Dies ist ein Widerspruch zur Voraussetzung über $\mathscr{U}^{(k)}_k$. Die anderen Behauptungen des Satzes 3 beweisen wir analog wie zum Satz 4 von [3]. Wir wollen noch bemerken, daß in (IV) von Satz 3 mindestens einer der Körper $S^{(i)}$ unendlich sein muß.

Analog zur Klasse $\mathscr{A}^{(k)}_{k,1}$ in [3] definieren wir die Klasse $\mathscr{U}^{(k)}_{k,1}$: R gehöre zu $\mathscr{U}^{(k)}_{k,1}$ genau dann, wenn R aus $\mathscr{U}_k$ ist und wenn R genau k ausgezeichnete Ideale besitzt. Dann gilt

Satz 4. *Es sei R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}^{(k)}_{k,1}$, $k \geqq 3$. Dann gehört R zu genau einer der folgenden Klassen, und jeder Ring aus einer dieser Klassen gehört zu $\mathscr{U}^{(k)}_{k,1}$:*

(I) *R ist ein Ring aus $\mathscr{U}^{(k)}_k$, $k \geqq 3$.*

(II) *R besitzt die ringtheoretische direkte Zerlegung*

$$R = R^* \boxplus N.$$

R^* ist ein Ring der Klasse $\mathscr{U}^{(k-1)}_{k-1}$, N ist entweder Zeroring über der zyklischen Gruppe der Primzahlordnung p oder voller Matrizenring über einem Körper S mit Minimalbedingung für Unterkörper: $N = S_m$. Ist S unendlich, so ist $m = 1$.

(III) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = A_m \oplus K \oplus N_1 \oplus \cdots \oplus N_{k-1}.$$

A ist endlicher vollständig primärer Ring; $J(A)$ ist minimales Ideal von A, $J(A)^2 = (0)$. $S = A/J(A)$ und K sind Körper gleicher Charakteristik, K ist endlich und hat Minimalbedingung für Unterkörper. $N_1, \ldots, N_{k-1}$ sind verschiedene minimale Ideale von R. Es gilt ferner:

$$\begin{aligned} J(R)^2 &= A_m K = K A_m = A_m N_1 = \cdots = A_m N_i = N_1 K = \cdots = N_i K \\ &= N_{i+1} A_m = \cdots = N_{k-1} A_m = K N_{i+1} = \cdots = K N_{k-1} = N_j N_{j'} = (0) \end{aligned}$$

für ein i mit $0 \leqq i \leqq k-1$ und $j, j' = 1, \ldots, k-1$.
$N_1, \ldots, N_i$ sind unitäre S_m-Rechts- und K-Linksmoduln; $N_{i+1}, N_{i+2}, \ldots, N_{k-1}$ sind unitäre K-Rechts- und S_m-Linksmoduln.

(IV) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = S_m \oplus K \oplus N \oplus N_1 \oplus \cdots \oplus N_{k-1}.$$

S ist endlicher Körper, K ist unendlicher Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper; K und S haben die gleiche Charakteristik. $N, N_1, \ldots, N_{k-1}$ sind verschiedene minimale Ideale von R. Es gilt

$$J(R)^2 = S_m K = K S_m = S_m N_1 = \cdots = S_m N_i = N_1 K = \cdots = N_i K$$
$$= N_{i+1} S_m = \cdots = N_{k-1} S_m = K N_{i+1} = \cdots = K N_{k-1} = N_j N_{j'} = (0)$$

für ein i mit $0 \leqq i \leqq k-1$, $j, j' = 1, \ldots, k-1$.
$N_1, \ldots, N_i$ sind unitäre S_m-Rechts- und K-Linksmoduln, $N_{i+1}, \ldots, N_{k-1}$ sind unitäre K-Rechts- und S_m-Linksmoduln. Für N gilt entweder

$$N^2 = KN = NK = NS_m = (0),$$

N ist einfacher unitärer S_m-Linksmodul, oder

$$N^2 = NK = KN = S_m N = (0),$$

N ist einfacher unitärer S_m-Rechtsmodul.

Beweis. Es sei R ein Ring aus $\mathscr{U}_{k,1}^{(k)}$, $k \geqq 3$, $N_1, \ldots, N_{k-1}, N_k = N$ seien unabhängige ausgezeichnete Ideale von R. Ist R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_k^{(k)}$, so ist die Struktur von R wie im Satz 3 angegeben. Wir betrachten den Fall $R \notin \mathscr{U}_k^{(k)}$. Wie im Satz 5 von [3] gibt es nur eine Permutation $(i_1, \ldots, i_k)$ von $(1, \ldots, k)$ mit der Eigenschaft, daß $R/(N_{i_1} + \cdots + N_{i_{k-1}})$ der Minimalbedingung für Unterringe genügt. N_{i_k} ist also ein Ring mit Minimalbedingung für Unterringe. Wir setzen $N_{i_k} = N$. Ist $N \cap J(R) = (0)$, so ist $N = S_n$ nach Hilfssatz 1, wobei S ein Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper ist. Ist S unendlich, so muß $n = 1$ sein. Ist $N \cap J(R) \neq (0)$, so liegt N in $J(R)$. Das Ideal N ist endlich, wenn $(N, +)$ keine Untergruppe vom Typ $Z(p^\infty)$ enthält. Nach diesen Vorbemerkungen verläuft der Beweis des Satzes (mit Hilfe des Satzes 3) analog zum Beweis des Satzes 5 von [3] unter Berücksichtigung dessen, daß R/N ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_{k-1}^{(k-1)}$ ist.
$\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$ und $\mathscr{U}_k^*$ seien analog zu $\mathscr{A}_{k,2}^k$ bzw. $\mathscr{A}_k^*$ in [3] definiert.

Satz 5. *Es sei R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$, $k \geqq 2$. Dann gehört R zu genau einer der folgenden Klassen, und jeder Ring aus einer dieser Klassen gehört zu $\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$:*
(I) *R besitzt die ringtheoretische direkte Zerlegung*

$$R = R^* \boxplus Z(p_1) \boxplus \cdots \boxplus Z(p_{k-i})$$

mit $1 \leqq i \leqq k-1$. Dabei ist R^* ein Ring aus $\mathscr{U}_{i,2}^{(i)}$, falls $i \geqq 2$ ist. Ist $i = 1$, so ist R^* ein Ring aus Satz 7, (II), (III) oder (IV) von [5]. Die $Z(p_j)$, $j = 1, \ldots, k-i$, sind Zeroringe über zyklischen Gruppen von Primzahlordnung p_j. Die minimalen Ideale von R^* liegen nicht im Annullator von R^*.
(II) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = A_m \oplus K \oplus N \oplus N_{i+1} \oplus \cdots \oplus N_{k-1}$$

mit $0 \leqq i \leqq k-1$. Dabei ist A vollständig primärer endlicher Ring; $J(A)$ enthält i verschiedene minimale Ideale N_j^*, $j = 1, \ldots, i$, von A mit

$$J(A) = N_1^* \oplus \cdots \oplus N_i^*$$

(ist $i = 0$, so gilt $J(A) = (0)$). $N, N_{i+1}, \ldots, N_{k-1}$ sind verschiedene minimale Ideale von R. $S = A/J(A)$ und K sind Körper gleicher Charakteristik, K ist unendlich, und hat Minimalbedingung für Unterkörper. Es gilt

$$\begin{aligned} J(R)^2 &= J(A)^2 = A_m K = K A_m = N_{i+1} K = \cdots = N_{k-1} K = K N_{i+1} \\ &= K N_{k-1} = N_{i+1} A_m = \cdots = N_{i+j} A_m = A_m N_{i+j+1} = \cdots = A_m N_{k-1} \\ &= N^2 = N_t^2 = (0) \end{aligned}$$

für ein j mit $0 \leqq j \leqq k - i - 1$; $t = i + 1, \ldots, k - 1$.
$N_{i+1}, \ldots, N_{i+j}$ sind einfache unitäre S_m-Linksmoduln, $N_{i+j+1}, \ldots, N_{k-1}$ sind einfache unitäre S_m-Rechtsmoduln. Für N gilt ferner entweder

$$NK = A_m N = (0),$$

N ist unitärer S_m-Rechtsmodul und K-Linksmodul, oder

$$KN = NA_m = (0),$$

N ist unitärer S_m-Links- und K-Rechtsmodul.

Beweis. Es sei R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$, $k \geqq 2$. $N_1, \ldots, N_k$ seien unabhängige minimale Ideale von R. Nach der Definition der Klasse $\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$ gilt $N_i \subseteq J(R)$ für alle $i = 1, \ldots, k$. Unter den N_i gibt es mindestens $k - 1$ Ideale, die ausgezeichnete Ideale von R sind. Diese seien etwa $N_1, \ldots, N_{k-1}$. Nach der Definition von $\mathscr{U}_{k,2}^{(k)}$ ist R/N_k ein Ring mit Minimalbedingung für Unterringe. Daher genügen $N_1, \ldots, N_{k-1}$ der Minimalbedingung für Unterringe. Diese N_j, $j = 1, \ldots, k - 1$, sind offenbar genau dann endlich, wenn die $(N_j, +)$ keine Untergruppe vom Typ $Z(p^\infty)$ enthalten. Der Faktorring $R/(N_1 + \cdots + N_{k-1})$ ist ein Ring der Struktur von (II), (III) oder (IV) von Satz 7 in [5]. Der Faktorring $R/(N_{i_1} + \cdots + N_{i_{k-1}})$ ist für jede Permutation $(i_1, \ldots, i_{k-1})$ von $(1, \ldots, k - 1)$ ein Ring der Struktur von Satz 3 in [2] mit zwei unabhängigen minimalen Idealen, die im Radikal liegen. Mit Hilfe dieses Satzes können wir daher zeigen, daß die N_j, $j = 1, \ldots, k - 1$, endlich sind. Hiermit kann man analog wie beim Satz 6 von [3] mit Hilfe der Sätze 7 von [5] und 3 von [2] den Satz 5 leicht beweisen.

Jetzt können wir den Struktursatz für diejenigen Ringe der Klasse $\mathscr{U}_k$ formulieren, die k unabhängige minimale Ideale besitzen. Für $k = 1$ bzw. $k = 2$ kann man das Resultat aus Satz 7 von [5] bzw. Satz 3 von [2] ablesen. Wir betrachten im folgenden deshalb den Fall $k \geqq 3$.

Satz 6. *Es sei R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_k$, $k \geqq 3$, mit k unabhängigen minimalen Idealen. Dann gehört R zu genau einer der folgenden Klassen, und jeder Ring aus einer dieser Klassen besitzt k unabhängige minimale Ideale und gehört zu $\mathscr{U}_k$:*

(I) *R ist ein Ring der Struktur von Satz 4.*

(II) *R besitzt die ringtheoretische direkte Zerlegung*

$$R = S_{m_1}^{(1)} \boxplus \cdots \boxplus S_{m_i}^{(i)} \boxplus R^*, \qquad 0 \leqq i \leqq k - 1.$$

Dabei sind $S^{(j)}$, $j = 1, \ldots, i$, Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper. Ist $S^{(j)}$, $j = 1, \ldots, i$, unendlich, so gilt $m_j = 1$. R^* ist ein Ring der Struktur von Satz 5 für die Klasse $\mathscr{U}_{k-i,2}^{(k-i)}$, falls $i \leqq k - 2$ ist. Ist $i = k - 1$, so ist R^* ein Ring der Struktur von (II), (III) oder (IV) von Satz 7 in [5].

Der Beweis ist analog zum Beweis von Satz 7 in [3].

Zum Schluß beweisen wir den Struktursatz über die Klasse $\mathscr{U}_k^*$. $\mathscr{U}_k^*$ mit $k \geqq 2$ ist die Klasse derjenigen Ringe der Klasse $\mathscr{U}_k$, die eine kleinste ausgezeichnete Kette besitzen.

Satz 7. *Es sei R ein Ring der Klasse $\mathscr{U}_k^*$, $k \geqq 2$. Dann gehört R zu genau einer der folgenden Klassen, und jeder Ring aus einer dieser Klassen gehört zu $\mathscr{U}_k^*$:*

(I) *R ist vollständig primärer Ring, $S = R/J(R)$ ist unendlicher Körper mit Minimalbedingung für Unterkörper. $J(R)$ enthält k verschiedene Ideale N_i, $i = 1, \ldots, k$, von R derart, daß*

$$J(R) \supset N_1 \supset N_2 \supset \cdots \supset N_{k-1} \supset N_k = (0)$$

gilt. Dabei ist $J(R)$ das kleinste echte Oberideal von N_1 und jedes N_i das kleinste echte Oberideal von N_{i+1}, $i = 1, \ldots, k-1$. $J(R)$ ist nilpotent.

(II) *R besitzt die gruppentheoretische direkte Zerlegung*

$$R = S_{m_1}^{(1)} \oplus S_{m_2}^{(2)} \oplus J(R).$$

Dabei sind $S^{(1)}$ und $S^{(2)}$ Körper gleicher Charakteristik mit Minimalbedingung für Unterkörper. Ist ein $S^{(i)}$, $i = 1, 2$, unendlich, so ist $m_i = 1$. Es gilt

$$J(R)^2 = S_{m_i}^{(i)} S_{m_j}^{(j)} = S_{m_2}^{(2)} J(R) = J(R)\, S_{m_1}^{(1)} = (0)$$

mit $i \neq j$. $J(R)$ ist unitärer $S_{m_2}^{(2)}$-Rechts- und $S_{m_1}^{(1)}$-Linksmodul. $J(R)$ enthält k verschiedene Ideale N_i von R derart, daß

$$J(R) \supset N_1 \supset N_2 \supset \cdots \supset N_{k-1} \supset N_k = (0)$$

gilt. Dabei ist $J(R)$ das kleinste echte Oberideal von N_1, und jedes N_i ist das kleinste echte Oberideal von N_{i+1}, $i = 1, \ldots, k-1$. Mindestens eines der $S^{(i)}$, $i = 1, 2$, ist unendlich.

Der Beweis des Satzes 7 ist analog zu dem für Satz 8 in [3].

LITERATUR

[1] DINH VAN HUYNH: Über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung höherer Stufe für Rechtsideale I. Math. Nachr. *69* (1975), 319–327.

[2] DINH VAN HUYNH: Über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung höherer Stufe für Rechtsideale II. Math. Nachr. (im Druck).

[3] DINH VAN HUYNH und A. WIDIGER: Über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung höherer Stufe für Rechtsideale III. Math. Nachr. (im Druck).

[4] JACOBSON, N.: Structure of Rings, American Mathematical Society Colloquium Publications, Vol. 37, Providence (R. I.) 1956.

[5] WIDIGER, A.: Über Ringe mit eingeschränkter Minimalbedingung für Rechtsideale. Beiträge zur Algebra und Geometrie *1* (1971), 141–153.

[6] ШНЕЙДМЮЛЛЕР, В. И.: Бесконечные колца с конечными убывающими цепями подколец. Мат. Сб. н. с. **27** (62) (1950), 219–228.

Manuskripteingang: 27. 1. 1976

VERFASSER:

DINH VAN HUYNH und ALFRED WIDIGER, Sektion Mathematik der Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg