

# Deterministische kombinatorische Simulation und Bewertung von TUL-Prozessen

Dr. agr. Doris Kraut, KDT/Dr.-Ing. H.-G. Lehmann, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Problematik

Die rechnerische Simulation von technologischen Prozessen hat sich zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für wissenschaftliche Untersuchungen, besonders zur Ableitung treffsicherer Aufgabenstellungen in der Forschung und zur technologisch-ökonomischen Bewertung von Maschinen oder Maschinenketten, entwickelt. Die Simulationsmethode spart in der Forschung Arbeitszeit, schränkt den Bau von Forschungsmustern auf das notwendige Maß ein und erweitert die Aussagemöglichkeiten der Untersuchungen.

Im folgenden sollen eine Methode der deterministischen kombinatorischen Simulation vorgestellt und ihre Anwendung in der Forschungsarbeit zur Bewertung von Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen (TUL-Prozessen) in der Pflanzenproduktion am Beispiel der Strohernte und Maissilierung beschrieben werden [1, 2].

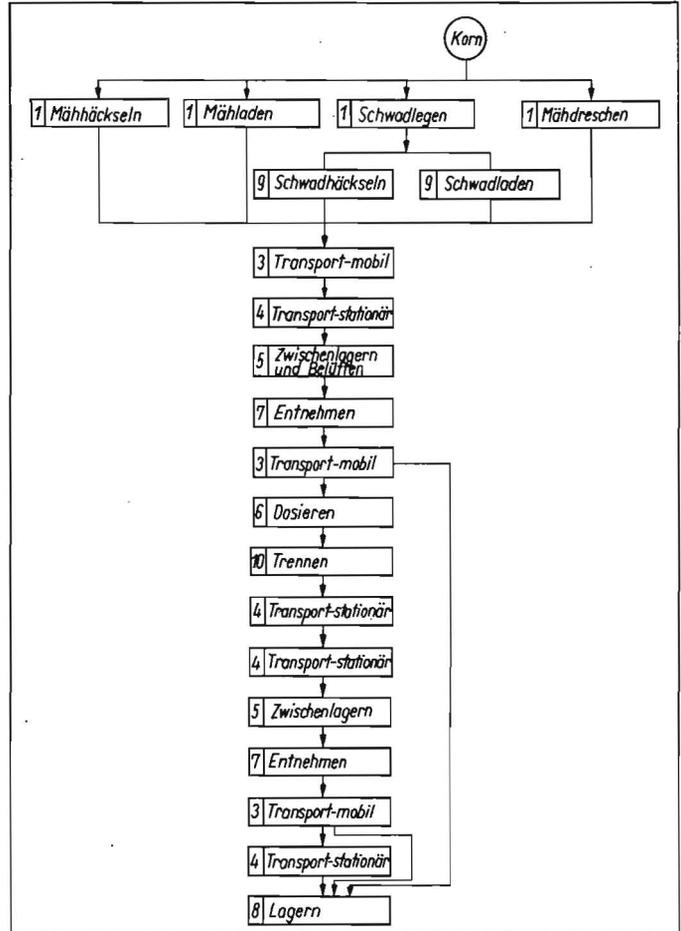
## 2. Programmbeschreibung

### 2.1. Inhalt und Methode

Zur Bewertung von TUL-Prozessen in der Pflanzenproduktion wurde das Modell DOMO 4 genutzt, das ursprünglich in Zusammenarbeit mit der TU Dresden zur Projektierung und Bewertung von Verfahren der Getreideproduktion erstellt wurde [1]. Weitere Modelle dieser Art liegen für die Verfahren der Kartoffelernte, -aufbereitung und -lagerung (DOMO 1), der Konservierung von Hackfrüchten (DOMO 2) sowie der Silagebereitung (DOMO 3) vor. Für diese Modelle wird das gleiche Organisationsprogramm benutzt [3], aber in Abhängigkeit vom Endprodukt des jeweiligen Verfahrens kommen spezifische Unterprogramme zur Verfahrensprojektierung zum Einsatz.

Die Verfahren werden in den Modellen als Ergebnis der determinierten Kombination einzelner Arbeitsarten betrachtet. Im Modell DOMO 4 werden 10 Arbeitsarten unterschieden, die fast alle mehrfach an unterschiedlichen Stellen des Verfahrens auftreten können. Maximal 20 Arbeitsarten sind zu einem Verfahren kombinierbar (Bild 1). Durch ein spezielles Unterprogramm werden zunächst ausgehend von bestimmten Rahmenbedingungen, wie Anbaufläche, Ertrag, Einsatzzeitspannen u. a., die für die Verfahrensdimensionierung maßgebenden Kennwerte ermittelt. Grundsätzlich werden die Verfahren in zwei Verfahrensabschnitte unterteilt. Verbindungsglieder zwischen den Verfahrensabschnitten sind Lager und Zwischenlager. Für jeden Verfahrensabschnitt ist aus einer Anzahl vorgegebener Arbeitsarten eine verfahrensbestimmende Arbeitsart auszuwählen. Der Durchsatz der ihr zugeordneten Mechanisierungsmittel ist maßgebend für den Verfahrensabschnitt. Die Berechnung der Anzahl aller vor- oder nachgeordneten Mechanisierungsmittel erfolgt so, daß unter Berücksichtigung der bei den Arbeitsarten auftretenden Masseverluste der Durchsatz der verfahrensbestimmenden Arbeitsart erreicht wird. Anzahl, Einsatzzeiten

Bild 1  
Arbeitsartkombinationen  
der Verfahren zur Körneraufbereitung



und Durchsätze der leistungsbestimmenden Maschinen werden ebenfalls durch dieses Unterprogramm ermittelt.

Gestützt auf die speziellen Kennwerte und unter Einbeziehung der Daten für die Mechanisierungsmittel oder baulichen Anlagen, die die Arbeitsart realisieren, werden nun in der Reihenfolge ihres Auftretens im Verfahren mit Hilfe spezifischer Unterprogramme die einzelnen Arbeitsarten projektiert. Dabei erfolgt die Berechnung von Anzahl und Einsatzzeiten der Mechanisierungsmittel und der sich davon ableitenden materiellen und finanziellen Bedarfskennwerte. Bezugsgröße aller Bedarfskennwerte ist eine Tonne des am Verfahrensende verfügbaren bearbeiteten Gutes.

Im Anschluß an die Projektierung der einzelnen Arbeitsarten werden nach der Summierung die Kennwerte für das Gesamtverfahren ausgewiesen. Neben den genannten Kennwerten erscheinen sowohl bei den Gesamtergebnissen als auch bei denen der einzelnen Arbeitsarten solche Kennwerte, die das Verfahren oder die Arbeitsart zusätzlich charakterisieren, z. B. die Endmasse des bearbeiteten Gutes, die Leistung des Aufbereitungskomplexes, der Bedarf an Ladevolumen beim Transport, die Grundfläche der Lager u. a. Eine Auswahl aus den 45 Ergebnissen des Gesamtverfahrens ist in Tafel 1 gegeben.

Werden sehr viele Verfahrensvarianten untersucht, besteht die Möglichkeit, bereits rechnerintern eine Bewertung nach vier Beurteilungskriterien vorzunehmen. Dazu werden vom Nutzer vier der 45 Ergebniswerte des Gesamtverfahrens ausgewählt und für jedes der Kriterien ein erster und ein zweiter Grenzwert festgelegt. Eine Verfahrensvariante wird mit ihren Ergebnissen nur dann ausgedrückt, wenn sie hinsichtlich der Beurteilungskriterien folgende Bedingungen erfüllt:

- Der erste Grenzwert muß bei allen vier Kriterien mindestens erreicht werden.
- Bei mindestens einem der Kriterien muß der zweite Grenzwert in der gewünschten Richtung überschritten werden.

Diese Festlegungen ermöglichen eine Auswahl sowohl im Sinn einer Minimierung (z. B. Kosten) als auch im Sinn einer Maximierung (z. B. Masse an Endprodukt).

Bei der Durchführung von Nutzrechnungen ist vorzugeben, welche Arbeitsarten in welcher Reihenfolge zum Verfahren zu kombinieren sind. Ebenso ist festzulegen, welche Varianten der einzelnen Arbeitsarten in die Kombination einzubeziehen sind. Durch diese Eingrenzung der freien Kombination kann die Anzahl der zu berechnenden Verfahrensvarianten sinnvoll beschränkt werden.

Tafel 1. Ergebnisse des Gesamtverfahrens (Auswahl)

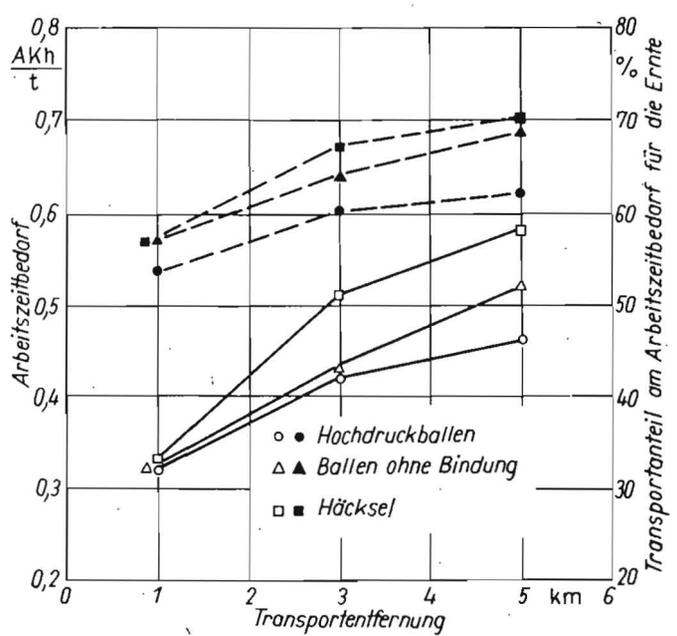
| Ergebnisplatz <sup>1)</sup> | Inhalt                                 | Einheit |
|-----------------------------|--|---------|
| EG (6)                      | technologische Kosten                  | M/t     |
| EG (7)                      | Verfahrenskosten                       | M/t     |
| EG (8)                      | Investitionen                          | M/t     |
| EG (9)                      | Abschreibungen                         | M/t     |
| EG (12)                     | Kosten der lebendigen Arbeit           | M/t     |
| EG (19)                     | Bedarf an AK für das Gesamtverfahren   | Anzahl  |
| EG (36)                     | Bedarf an Kraftstoff                   | kg/t    |
| EG (38)                     | Bedarf an Elektroenergie               | kWh/t   |
| EG (22)                     | Einsatzzeit des Aufbereitungskomplexes | h       |
| EG (24)                     | Leistung des Aufbereitungskomplexes    | t/h     |
| EG (25)                     | Endmasse des bearbeiteten Gutes        | t       |
| EG (50)                     | Maschinen im Erntekomplex              | St.     |

1) Der Klammerwert gibt den Platz an, auf dem dieses Ergebnis in der Druckliste der Ergebnisse steht.

### 2.2. Rechentechnische Aspekte

Das Modell DOMO 4 wurde ursprünglich für die Abarbeitung durch die EDVA BESM-6 programmiert. Der Kernspeicher dieses Großrechners wird mit dem Programm weitgehend ausgelastet. Aus Rationalisierungsgründen wurde die Aufgabe gestellt, das Programm auf dem Kleinrechner KRS 4200 zu nutzen. Mit 16 K-Worten beträgt die Kernspeicherkapazität des KRS 4200 lediglich einen Bruchteil der Kernspeicherkapazität der EDVA BESM-6, was die Speicherung eines solchen umfangreichen Programms als Gesamtheit unmöglich macht. Um diese Schwierigkeit zu überwinden, werden sämtliche arbeitsspezifischen Unterprogramme sowie einige spezielle Unterprogramme auf die zur Rechnerperipherie gehörenden zwei Magnettrommeln ausgelagert und nur bei Bedarf in den Kernspeicher abgerufen. Zusätzlich wurde die Anzahl der gleichzeitig zu speichernden Arbeitsartvarianten in vertretbarer Weise reduziert. Ohne irgendwelche Einschränkungen am Inhalt vorzunehmen, ermöglichten diese Maßnahmen die erfolgreiche Abarbeitung des Programms auf einem Kleinrechner.

Bild 2  
Einfluß der Transportentfernung auf den Arbeitszeitbedarf der Strohernte;  
— Arbeitszeitbedarf  
- - - - - Transportanteil am Arbeitszeitbedarf für die Ernte



### 3. Einflußfaktoren der Bedarfskennwerte

#### 3.1. Transportentfernung Feld—Lager

In den vergangenen 10 Jahren verdoppelten sich in der Landwirtschaft der DDR die mittleren Entfernungen für Sammel- und Verteiltransporte und erreichten einen mittleren Wert von 7 km [4]. Die in Abhängigkeit von der Transportentfernung steigenden Aufwendungen sollen durch Ergebnisse der Modellrechnungen verdeutlicht werden.

Im Bild 2 wird der Einfluß der Transportentfernung auf den Arbeitszeitbedarf für den Strohtransport und dessen Anteil am gesamten Arbeitszeitbedarf für Ernte, Transport und Einlagerung dargestellt. Die Strohernte erfolgte mit dem Feldhäcksler E 280 bzw. mit der Hochdruckpresse K 453, der Häckselguttransport mit dem Traktor ZT 300 und 2 Anhängern HW 80.11, der Ballentransport mit 2 Anhängern THK-5. Für die Einlagerung wurden der Diemenlader DL 650 und das Aufsammelgebläse AFG 1000, jeweils mit einem Traktor ZT 300 gekoppelt, genutzt [5, 6].

Die dargestellten Rechenergebnisse weisen nach, daß die Vergrößerung der Transportentfernung von 1 auf 3 km für Ballenstroh zu rd. 30% größerem Arbeitszeitbedarf führt. Die Häckselgutlinie sollte nur bei kürzeren Trans-

portentfernungen bis rd. 2 km angewendet werden, die Losegutlinie mit gebundenem Preßgut bis etwa 3 km.

Der Anteil des Arbeitszeitbedarfs für den Transport am Gesamtbedarf für Ernte bis Einlagerung beträgt 53 bis 70%. Der Einfluß der Transportentfernung auf Arbeitszeit- und DK-Bedarf für Silomaiserte, -transport und -einlagerung ist im Bild 3 dargestellt. Für den Nullpunkt der Transportentfernung sind Arbeitszeit und DK-Bedarf für den Feldhäcksler E 280 und für 2 Traktoren ZT 300/303 mit Verteilhaken bzw. Schiebegabel zur Silierguteinlagerung bzw. -verdichtung in Horizontalsilos eingetragen. Eine Verminderung der Transportentfernung bei der Silomaiserte von 6 auf 3 km senkt den Arbeitszeitbedarf für Ernte und Einlagerung um 17%, nur für den Transport um 24%. Der DK-Bedarf kann um 15% insgesamt bzw. um 26% beim Transport gesenkt werden. Der Arbeitszeitbedarf für den Transport beträgt im betrachteten Bereich rd. zwei Drittel des gesamten Bedarfs für Ernte und Einlagerung. Der DK-Bedarf für den Transport macht etwa die Hälfte des Gesamtbedarfs aus. Diese Zahlen unterstreichen die Bedeutung richtiger Auswahl von Lagerstandorten und -kapazitäten mit möglichst niedriger Transportentfernung. Die vorhandenen Möglichkeiten der

Bild 3. Einfluß der Transportentfernung auf Arbeitszeit- und DK-Bedarf für Silomaiserte, -transport und -einlagerung;

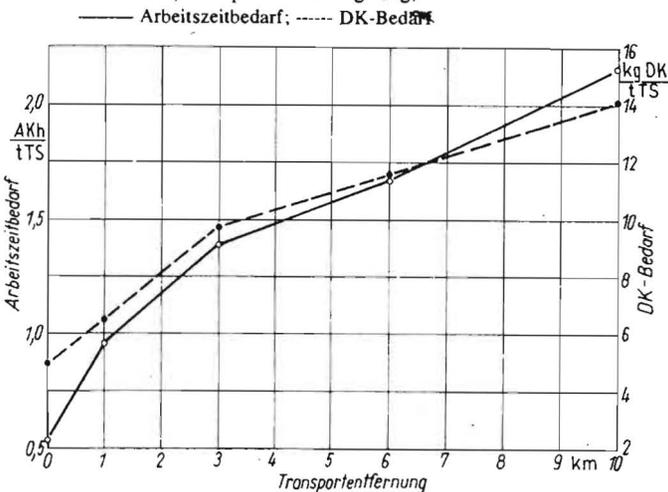
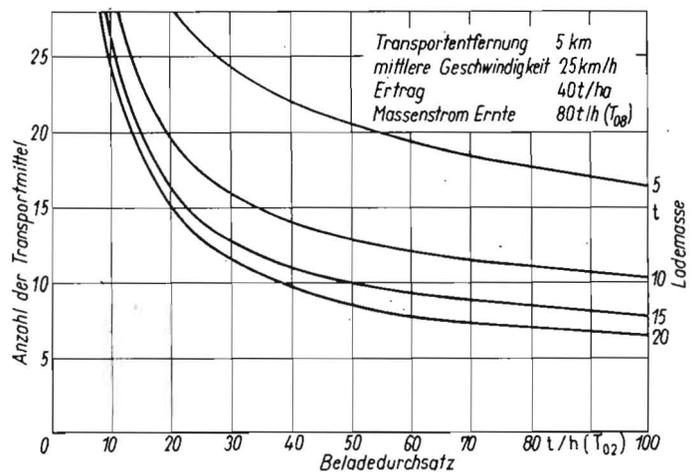


Bild 4. Abhängigkeit der Transportmittellanzahl von Lademasse und Beladedurchsatz der Erntemaschine



Transportoptimierung sind dafür stärker zu nutzen [7].

### 3.2. Durchsatz der Erntemaschinen

Mit Modellrechnungen wurde versucht, die Frage zu beantworten, welchen Einfluß der Durchsatz der Erntemaschinen auf ausgewählte Bedarfskennzahlen für den Transport hat. Vor allem beim zumeist angewendeten Beladen im Parallelverfahren verringern leistungsfähigere Erntemaschinen den Bedarf an Transportmitteln, Arbeitskräften und Dieselkraftstoff. Das Beladen erfolgt in kürzerer Zeit, der Anteil der Feldfahrtstrecke nimmt ab. Im Bild 4 wird die benötigte Anzahl der Transportmittel in Abhängigkeit von der Lademasse und vom Beladedurchsatz der Erntemaschine in  $T_{02}$  am Beispiel der Silomäisernte dargestellt. Für den Kapazitätsanspruch wurden ein Ertrag von 40 t/ha, eine Erntefläche von 250 ha und eine verfügbare Erntezeit von 125 h zugrunde gelegt. Bild 4 verdeutlicht, daß z. B. eine Verminderung der Fahrzeuganzahl von 16 auf 13 sowohl durch eine Erhöhung der Lademasse der Fahrzeuge von 10 auf 15 t als auch durch die Vergrößerung des Beladedurchsatzes der Erntemaschinen von 30 auf 50 t/h ( $T_{02}$ ) möglich wäre. Die Kombination beider Möglichkeiten würde den Fahrzeugbedarf auf 10 vermindern.

### 3.3. Lagerverluste

Bei der Bewertung von Ernte- und Transportprozessen bleiben Verluste, besonders aber die Lagerverluste, oft unberücksichtigt. Die spezifischen Bedarfskennzahlen  $\bar{K}_B$ , bezogen auf das am Verfahrensende verfügbare Produkt, werden folgendermaßen berechnet:

$$\bar{K}_B = \frac{K_B}{E(1-V)}$$

$K_B$  absolute Bedarfskennzahlen (z. B. Kosten, Arbeitszeitbedarf)

$E$  Ernteertrag

$V$  relative Gutverluste.

Lagerverluste von 30 % erhöhen beispielsweise den spezifischen DK- oder Arbeitszeitbedarf für Ernte, Transport und Einlagerung, bezogen auf die Menge des letztlich verfügbaren Produkts nach der Lagerung, auf 142,9%. Derartige Unterschiede in den Lagerverlusten treten aber z. B. zwischen der Frei- und der Unterdachlagerung von Stroh auf. Eine Aufwandssteigerung für längeren Transport oder die sorgfältigere Lagerung können in dem Maß ermöglicht werden, wie damit geringere Verluste auftreten. Es ist also effektiver, 20 % Aufwandssteigerung beim Transport in Kauf zu nehmen, um einen vorhandenen Bergeraum mit Stroh zu besetzen und damit 30 % Lagerverluste einzusparen, als den kurzen Transport mit Freilagerung anzuwenden.

### 4. Zusammenfassung

Das vorgestellte Rechenprogramm zur deterministischen kombinatorischen Simulation ist für technologisch-ökonomische Bewertungen von Maschinen für TUL-Prozesse in der Pflanzenproduktion anwendbar. Am Beispiel der Einflußfaktoren Entfernung der 1. Transportstufe (Feld—Lager), Durchsatz der Erntemaschinen und Lagerverluste werden Zusammenhänge zwischen Ernte-, Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen deutlich gemacht. Dabei werden Möglichkeiten des

effektiveren Transports durch kürzere Transportentfernungen höhere Beladeleistung der Erntemaschinen und geringere Lagerverluste sichtbar. Kürzere Transportentfernungen dürfen nicht auf Kosten höherer Lagerverluste erkaufte werden.

### Literatur

- [1] Kraut, D.: Programmbeschreibung DOMO 4. Deterministische kombinatorische Simulation. FZM Schlieben/Bornim, 1978 (unveröffentlicht).
- [2] Listner, G.; Darnstädt, M.: Erfahrungen bei der Simulation, Modellierung und Materialflußdarstellung neuer Getreideernteverfahren. Beiträge zur Modellierung von Verfahren der Pflanzenproduktion. Hochschulstudium Agraringenieurwesen, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, 1978, S. 28—40.
- [3] Baganz, K.: Organisationsprogramm zum digitalen ökonomischen Modell DOMO 3, Programmiersprache BESM-FORTRAN. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim 1972 (unveröffentlicht).
- [4] Mührel, K.: Möglichkeiten zur Einsparung von Dieseldieselkraftstoff bei Transport- und Umschlagprozessen in der Landwirtschaft. agrartechnik 29 (1979) H. 6, S. 248—249.
- [5] Autorenkollektiv: Richtwerte für die Planung der Pflanzenproduktion. Markkleeberg: agrabuch 1978.
- [6] Handelssortiment 1980 des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen, Leitbetrieb agrotechnik.
- [7] Lehmann, H.-G.; Dumack, L.: Bestimmung zweckmäßiger Lagerstandorte und -kapazitäten in landwirtschaftlichen Betrieben mit Hilfe von Materialflußanalyse und Transportoptimierung. agrartechnik 30 (1980) H. 8, S. 358—360.

A 3152



### Tage der Wissenschaft und Technik an der IH Wismar

Zu den in diesem Rahmen geplanten wissenschaftlichen Veranstaltungen gehört u. a. auch die am 8. und 9. September 1982 stattfindende Tagung der Sektion Technologie des Bauwesens, die in Verbindung mit der KDT-Fachsektion Bauwesen zum Thema „Probleme bei der Vorbereitung und Durchführung der Rationalisierung und Rekonstruktion von Tier-

produktionsanlagen“ durchgeführt wird.

Schwerpunkte:

- Rationalisierung der komplexen Produktionsvorbereitung
- Material- und energieökonomische Probleme
- Qualitätssicherungsprobleme
- Rationalisierung und Rekonstruktion von Geflügelstallanlagen.

Anfragen sind zu richten an:

Ingenieurhochschule Wismar, Tagungsbüro der „Tage der Wissenschaft und Technik“, 2400 Wismar, Philipp-Müller-Straße, Postfach 103.

### Wissenschaftlich-technische Tagung über Technologie der Instandsetzung

Am 10. und 11. November 1982 wird in Leipzig die wissenschaftlich-technische Tagung „Rationelle Instandsetzungsprozesse für die Landtechnik“ durchgeführt. Die gemeinsam vom Fachausschuß Technologie der Instandsetzung

mit der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung, organisierte Veranstaltung umfaßt folgende Schwerpunkte:

- Gestaltung flexibler Instandsetzungsprozesse
- Technologische Lösungen für die Rationalisierung von Instandsetzungsabschnitten
- Rationelle Materialflußlösungen in der Instandsetzung
- Arbeitswissenschaftliche Lösungen bei der Gestaltung automatisierter Instandsetzungsabschnitte.

Am Rande der Tagung ist ein Absolvententreffen der Sektion Technologie der Instandsetzung der IH Berlin-Wartenberg vorgesehen.

Weitere Auskünfte, das Tagungsprogramm und Einladungen können beim KDT-Präsidium, Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik, 1080 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115/117, Postfach 1315, angefordert werden.

Dozent Dr.-Ing. U. Scharf, KDT