

# Simulation von Arbeitstätigkeiten und Ausführungsbedingungen an mobilen Maschinen

Dipl.-Ing. A. Böhme, KDT/Prof. Dr. sc. techn. M. Rentzsch, KDT  
Technische Universität Dresden, Sektion Arbeitswissenschaften

Dr.-Ing. K. Kugler, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb

## Simulation in einem Ergonomielabor

Im Zusammenhang mit dem geforderten effektiven Einsatz mobiler Arbeitsmaschinen rückt die ergonomisch wirksame Gestaltung des Bedienstandes zunehmend in das Interesse der Maschinenhersteller. Unter Berücksichtigung des international ausgeglichenen Leistungsniveaus wird eine höhere Auslastung der Maschinen durch optimale ergonomische Gestaltung erwartet. Damit bestimmt die ergonomische Qualität eines Erzeugnisses in wachsendem Maß die Marktstellung seines Produzenten. Die Vorausset-

zungen für eine erkundende Grundlagenforschung und für eine objektbezogene angewandte Forschung in dieser Richtung sind aber noch unzureichend. Eine gangbare Lösung stellt der von der Technischen Universität Dresden und dem Kombinat Fortschritt Landmaschinen gemeinsam zu schaffende Simulationsversuchsstand für mobile Landmaschinen dar. Vergleichbare Anlagen haben sich vor allem in der Luftfahrt und in der Kraftfahrzeugtechnik international bewährt.

Die Zweckmäßigkeit der Errichtung eines Er-

gonomielabors mit dem Simulationsversuchsstand ergab sich u. a. aus Feldstudien beim Einsatz mobiler Landmaschinen. Zu begründen ist dies dadurch, daß

- mobile Landmaschinen saisonbedingt nur eine kurze Zeit im Einsatz sind
- die Erntezeiten meist sehr intensiv genutzt werden, d. h. die Operateure täglich länger als 8 h am Arbeitsplatz sind
- eine Vielzahl technisch-technologischer Beschränkungen die Effektivität der Untersuchung von Musterlösungen begrenzt
- Langzeituntersuchungen unter Laborbe-

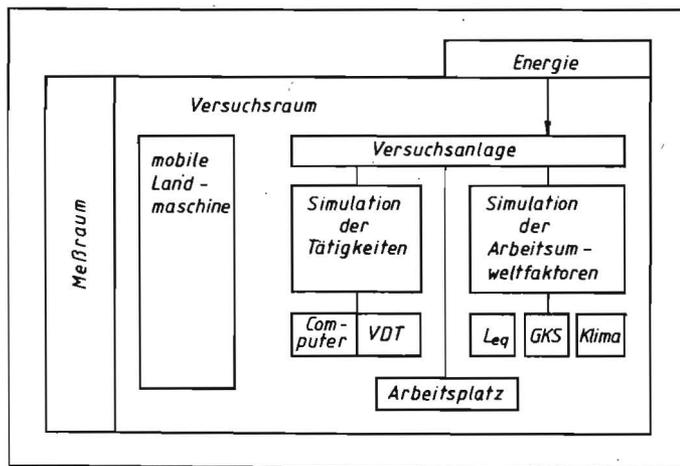


Bild 1. Struktur des Ergonomielabors; VDT Video display terminal,  $L_{eq}$  äquivalenter Dauerschallpegel, GKS Ganzkörperschwingungen

Bild 2. Prinzipdarstellung des Simulationsversuchsstandes; AE Anzeigeelemente, BE Bedienelemente, ESS elektrischer Steuerschrank, HA Hydraulikaggregat

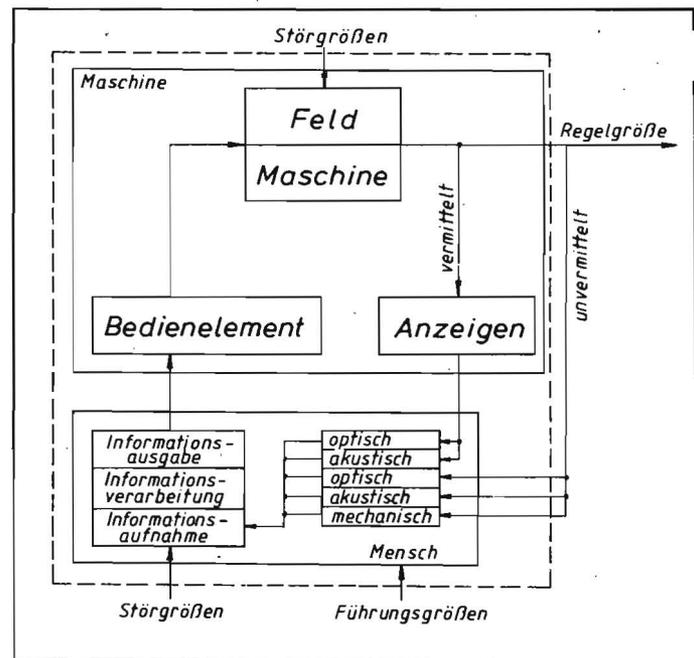
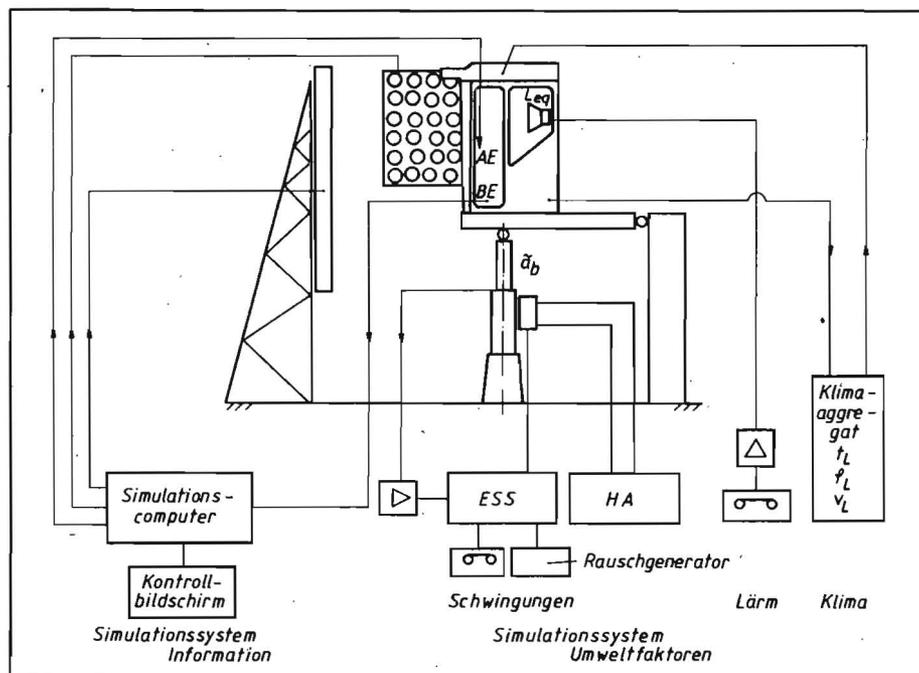


Bild 3. Regelkreis Mensch - Maschine

dingungen zur Ausschaltung von Störgrößen unbedingt erforderlich sind.

Daraus wurden folgende Forderungen an ein Ergonomielabor abgeleitet:

- Schaffung der Möglichkeit ganzjähriger Laboruntersuchungen der Arbeitstätigkeiten und ihrer wesentlichen Ausführungsbedingungen
- instationärer Aufbau der einzelnen Versuchsstände zur Gewährleistung einer Mehrfachnutzung des Labors
- Entwicklung eines Simulationsverfahrens für alle wesentlichen Arten landgebundener mobiler Arbeitsmaschinen, d. h. keine Einschränkung auf bestimmte Maschinenarten und -typen
- Erreichen einer hohen Simulationsgüte
- Gewährleistung der Simulation von Veränderungen in der Tätigkeitsstruktur durch Automatisierungslösungen im technologischen Prozeß der Maschine.

## Aufbau der Ergonomielabors

Die Laborstruktur nach Bild 1 wird den genannten Forderungen am ehesten gerecht.

Das Ergonomielabor besteht aus

- Laborraum
- Meßraum
- Maschinen- und Lagerräumen.

Der Laborraum wird an Decke und Wänden schallabsorbierend ausgekleidet. Der so entstandene Raum läßt Schalleistungsmessungen für bestimmte Maschinengruppen zu. Weiterhin besteht die Möglichkeit zum Einbau quasistationärer Anlagen. So ist vorgesehen, einen anthropometrischen Versuchsstand zur maßlichen Gestaltung des Arbeitsplatzes mobiler Maschinen einzurichten. Kernstück des Labors ist ein Fahr Simulator zur Tätigkeitsuntersuchung von Operateuren mobiler Maschinen (Bild 2). Er setzt sich aus zwei unabhängigen Simulationssystemen für Informationen und Umweltbedingungen zusammen. Darüber hinaus können in dieser Stufe Aufbau und Gestaltung des Arbeitsplatzes variiert werden. Grundlage für die Konstruktion des Simulators bildet der Regelkreis Mensch-Maschine (Bild 3). Der Mensch übernimmt die Funktion des Reglers im System Umwelt-Mensch-Maschine. Er nimmt Informationen auf, aus deren Verarbeitung er Bedienhandlungen ableitet, die wiederum auf die Informationsquellen zurückwirken. Die für eine sichere Ausführung der Aufgabe notwendigen Informationen entstehen aus drei Quellen:

- Umwelt bzw. Feld
- Schnittstellen Umwelt-Maschine und Maschine-Maschine (äußerer Prozeß)
- Arbeits- und Antriebsorgane (innerer Prozeß).

Die angebotenen Informationen werden vom Operateur bewertet. Zur Simulation darf kein Informationsstrom vernachlässigt werden. Ausgehend von einer Analyse der Handlungsstrukturen beim Fahren verschiedener Mährescher konnten wesentliche, allgemeingültige Tätigkeitsanforderungen gefunden werden. Diese werden im Simulator mit Hilfe der Computeranimation dargeboten. Entwickelt wurde eine vierdimensionale Aufgabe mit sensorischen Koordinationsleistungen (Tracking). Die Darbietung soll auf zwei übereinander angeordneten Bildschirmen erfolgen.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Verhalten an anderen Maschinen mit Hilfe eines

mehrfarbigem Leuchtenfeldes zu simulieren. Die zum Bedienstand gehörenden Anzeigeelemente werden ebenfalls angesteuert. Durch diese drei Displays werden zwei Informationsquellen nachgebildet. Informationen aus Feld und Umwelt werden der Versuchsperson mündlich durch den Versuchsleiter vermittelt.

Die Ansteuerung aller Displays erfolgt von einer zentralen Rechneinheit. Derzeit wird mit der Erstellung des Simulationsprogramms begonnen.

Als Testarbeitsplätze sind serienmäßige Bedienstände oder im Entwicklungsprozeß entstandene Muster vorgesehen. Diese sind mit allen Bedienelementen ausgerüstet, so daß die Möglichkeit der Rückkopplung der Bedienhandlungen auf den Simulationsrechner besteht.

Als Alternative zu diesem Verfahren wurde die Möglichkeit eines auf Videotechnik beruhenden Fernsehsimulators geprüft. Dabei sind jedoch zu große Kompromisse an die Variabilität der Anlage für andere Maschinen einzugehen. Deshalb erhielt die Computersimulation den Vorzug.

Die Arbeitsumweltfaktoren stellen für mobile Maschinen wichtige Ausführungsbedingungen dar. Sie beeinflussen das Leistungsverhalten des Operateurs so entscheidend, daß sie nicht vernachlässigt werden dürfen. Außerdem wirken sie teilweise als Informations-träger. Deshalb ist vorgesehen, die Arbeitsumweltfaktoren Lärm, Klima und Schwingungen in praxisrelevanten Grenzen zu simulieren (vgl. Tafel 1).

Das erfolgt aus technischen Gründen im wesentlichen unabhängig von der Tätigkeitssimulation. Lediglich bei der Geräuschsimulation werden informationstragende Komponenten gesondert behandelt.

Probleme bereitet die Überprüfung der Gültigkeit des Verfahrens zur Tätigkeitssimulation. Dabei soll auch ein Ausdruck für die Simulationsgüte bestimmt werden. Ein solcher Wert muß das Verhältnis von Simulation und Feldsituation zum Ausdruck bringen. Der Vergleich ist auf verschiedenen Ebenen möglich. Solche sind z. B.

- Vollständigkeit der Handlungsstruktur
- Häufigkeit und Wertigkeit von Fehlhandlungen

Tafel 1. Simulationsbereiche für Arbeitsumweltfaktoren

Arbeitsumweltfaktoren	Bereich
Lärm	
Äquivalenter Dauerschallpegel	$L_{eq} = 60 \dots 90 \text{ dB (A)}$
Ganzkörperschwingung	
Schwingbeschleunigung	$\ddot{a}_b = 0 \dots 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Erregerfrequenz	$f_{err} = 1 \dots 50 \text{ Hz}$
Schwingweg	$\dot{x} = 0 \dots 100 \text{ mm}$
Klima	
Lufttemperatur	$t_L = 25 \dots 40^\circ \text{C}$
Luftfeuchte	$\phi_L = 30 \dots 70 \%$

- Ausführungs- und Reaktionszeiten
- physiologische Beanspruchung und psychische Akzeptanz durch die Versuchsperson.

Im vorliegenden Fall erfolgt die Ausarbeitung eines Verfahrens zur Gütebestimmung zunächst auf der Grundlage des Vergleichs der Handlungsstrukturen in der Feld- und Simulatorsituation.

### Geplante experimentelle Untersuchungen im funktionsfähigen Labor

Nach der Fertigstellung bietet das Ergonomielabor eine Vielzahl von Forschungsmöglichkeiten. Das Ziel erster Untersuchungen besteht darin, die Auswirkung der Automatisierung sowohl des äußeren als auch des inneren Prozesses auf die Tätigkeit des Operateurs zu untersuchen. Weiterhin kann die Wirkung verschiedener Maßnahmen zur Verminderung der Belastung durch Arbeitsumweltfaktoren getestet werden. Die Untersuchungen sind auf keine bestimmten Maschinengruppen eingeschränkt. Die Anlage kann für ein breites Spektrum mobiler Arbeitsmaschinen genutzt werden. Voraussetzung ist lediglich eine vollständige Analyse und Beschreibung der Tätigkeitsanforderungen, auf deren Grundlage ein kompatibles Simulationsprogramm erstellt werden kann. Das Konzept der Anlage läßt darüber hinaus die Untersuchung ausgewählter Probleme stationärer Arbeitsplätze zu.

Neben der Forschung bestehen Möglichkeiten zum Einsatz als Fahrtrainer sowie in der studentischen Ausbildung. A 5690

## Fachgerechte Anwendung individueller Gehörschutzmittel

Dozent Dr. sc. agr. G. Münzenberg

Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

### Gesetzliche Festlegungen

Im Arbeitsgesetzbuch der DDR wird im § 205 u. a. festgelegt, daß der Betrieb verpflichtet ist, Arbeitsmittel, Arbeitsverfahren und Arbeitsstätten so zu gestalten, daß die geforderte Arbeitssicherheit gewährleistet wird und gesundheitsgefährdende Arbeiten einzuschränken sind. Überall dort, wo der Schutz vor arbeitsbedingten Gefährdungen aus zwingenden Gründen durch technische, technologische und arbeitsorganisatorische Maßnahmen nicht oder nur unvollkommen erreicht wird, sind u. a. individuelle Körperschutzmittel anzuwenden. Die individuellen Gehörschutzmittel sind ein Teil der Kör-

perschutzmittel und werden dem Werk-tätigen entsprechend den speziellen Anforderungen an den Gehörschutz kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Werk-tätigen sind ihrerseits verpflichtet, die ihnen zur Verfügung gestellten Körperschutzmittel zweckentsprechend zu verwenden und pfleglich zu behandeln.

In den Instandsetzungsbetrieben der Landtechnik nimmt der Lärm, neben einer Reihe anderer Arbeitsumweltbelastungen, unverändert einen vorderen Platz ein. Diese Tatsache führte auch zu einer Reihe von Festlegungen, die in den Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Land-, Forst-

und Nahrungsgüterwirtschaft [1] ihren Niederschlag gefunden haben. Hier heißt es u. a.: „Für die Genossenschaftsbauern und Arbeiter an Arbeitsplätzen mit Lärmexposition ist ausreichend individueller Gehörschutz zu planen und einzusetzen.“

Das Aufgabengebiet des Technologen darf sich daher nicht nur auf die rationelle Gestaltung des Instandsetzungsprozesses beschränken, sondern muß den Gesundheits- und Arbeitsschutz sowie den Brandschutz (GAB) mit einbeziehen. Das erfordert jedoch spezielle Kenntnisse, damit die vom Hersteller von Körperschutzmitteln installierte und geplante Schutzwirkung auch erreicht wird.