

Geräuschkomponenten bei Traktoren – Verbesserungsmöglichkeiten und Konsequenzen

Von Gerhard E. Thien und Heinz A. Fachbach, Graz*)

DK 631.372:534.833

Das Gesamtgeräusch eines Traktors besteht im wesentlichen aus den Geräuschen von Auspuff, Ansaug- und Kühlsystem sowie den von den Oberflächen von Motor und Getriebe ausgehenden Geräuschen. Die Möglichkeiten zur Verminderung der drei erstgenannten Komponenten sind an sich bekannt. Verminderungen des von den Oberflächen ausgehenden Geräusches von Dieselmotoren in der Größenordnung von 10 dB(A) erfordern die Anwendung einer schalldämmenden Gesamtverkleidung. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre haben eine Ausführung ergeben, die den Motor in geringem Abstand umgibt und ohne schallabsorbierendes Material auskommt. Die Verschalung besteht aus dünnem Blech und ist relativ leicht. Zwangsbelüftung und rasch abnehmbare Deckel gewährleisten Betriebssicherheit und Zugänglichkeit.

Die neue Bauweise kann auch auf Kapseln für Schalt- und Hinterachsgetriebe angewendet werden.

1. Einleitung

Traktoren sind, im Gegensatz zu normalen Straßenfahrzeugen, durch eine verhältnismäßig offene Bauweise gekennzeichnet. Durch ihr Geräusch werden demnach nicht nur die in der Umgebung befindlichen Personen, sondern vor allem der Fahrer bzw. das Bedienungspersonal belastigt oder gefährdet.

Die derzeitigen gesetzlichen Vorschriften begrenzen das Umgebungsgeschall in einem Ausmaß, das mit dem bisherigen Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand verwirklicht werden kann. Trotz Einhaltung dieser Grenzwerte ergeben sich aber in Traktornähe, insbesondere am Fahrerohr, unzumutbare und gesundheitsgefährdende Geräuschpegel.

Eine Möglichkeit, diese Situation wenigstens für den Fahrer zu verbessern, besteht im Fall des Vorhandenseins einer Kabine. Die ursprünglich nur als Witterungsschutz gedachte Kabine kann bei entsprechender Ausrüstung auch schalldämmende Funktionen übernehmen. Dies wird bei einigen neuen Vorschriften durch Begrenzung des Geräuschpegels am Fahrerohr bereits verlangt.

Die Gefährdung anderer Bedienungspersonen und überhaupt die Belästigung der Umgebung läßt sich jedoch nur verringern, wenn das Traktorgeräusch insgesamt herabgesetzt wird.

Vorgetragen auf der Jahrestagung der VDI-Fachgruppe <Landtechnik> am 17. Okt. 1974 in Stuttgart.

*) Dipl.-Ing. Gerhard E. Thien ist Leiter der Forschungsabteilung, Dipl.-Ing. Heinz A. Fachbach ist Leiter der Forschungsgruppe "Geräusch" innerhalb der Forschungsabteilung der Anstalt für Verbrennungsmotoren Prof. Dr.Dr.h.c. Hans List, Graz, Österreich.

2. Entstehung des Geräusches von Traktoren

Eine Beschreibung des Geräusches von Traktoren ist auf zwei verschiedenen Wegen möglich. Man kann sowohl von den einzelnen Ursachen als auch von den Bauteilen oder Stellen, von denen es abgestrahlt wird, ausgehen.

Entsprechend dem zweiten Weg besteht, wie in **Bild 1** schematisch dargestellt ist, das Gesamtgeräusch eines Traktors aus den Mündungsgeräuschen der Ansaug- und Auspufföffnung, dem aerodynamischen Geräusch der Kühler-Lüfter-Anlage und dem Geräusch, das die Oberflächen von Motor, Schaltgetriebe, Hinterachsgetriebe und Aufbau, evtl. auch Vorderachse, Radscheiben und Anbauteile aussenden.

Die Größe der Beiträge dieser einzelnen Komponenten ist keineswegs einheitlich. Sie hängt sowohl vom Betriebszustand, also vor allem von Drehzahl, Last und Getriebebegang, als auch von der konstruktiven Auslegung des Traktors ab.

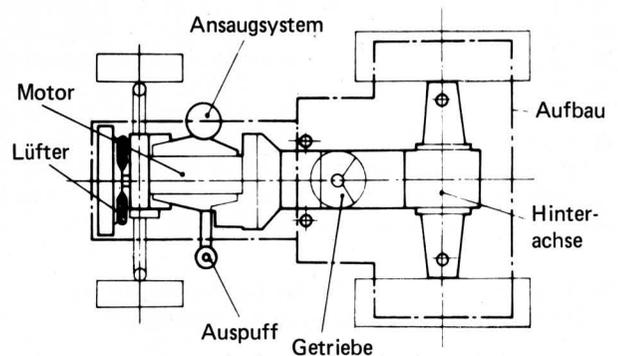


Bild 1. Geräuschabstrahlorte bei Traktoren.

3. Möglichkeiten der Geräuschminderung

Die Verminderung der Mündungsgeräusche erfordert naturgemäß wirksamere Schalldämpfer, deren Mehrkosten durch eine möglichst optimale Auslegung niedrig gehalten werden müssen. Geringeres Geräusch der Kühler-Lüfter-Anlage läßt sich durch aerodynamisch hochwertige Ausbildung des Lüfters, günstige Zu- und Abströmbedingungen sowie niedrigstmöglichen Druckverlust beim Durchströmen des Kühlers erzielen.

Das von den Motoroberflächen ausgehende Geräusch hat seinen Ursprung im Inneren des Motors und ist die Folge rascher Druckänderungen bei der Verbrennung und stoßartig verlaufender mechanischer Vorgänge. Da die das Geräusch hervorrufenden Erregungen nur in beschränktem Ausmaß abgeschwächt werden können, ist die auf diesem Weg erzielbare Herabsetzung des Motorgeräusches relativ gering. Ähnliches gilt auch für die Auswirkungen einer Verbesserung einzelner Bauteile der Motoroberfläche.

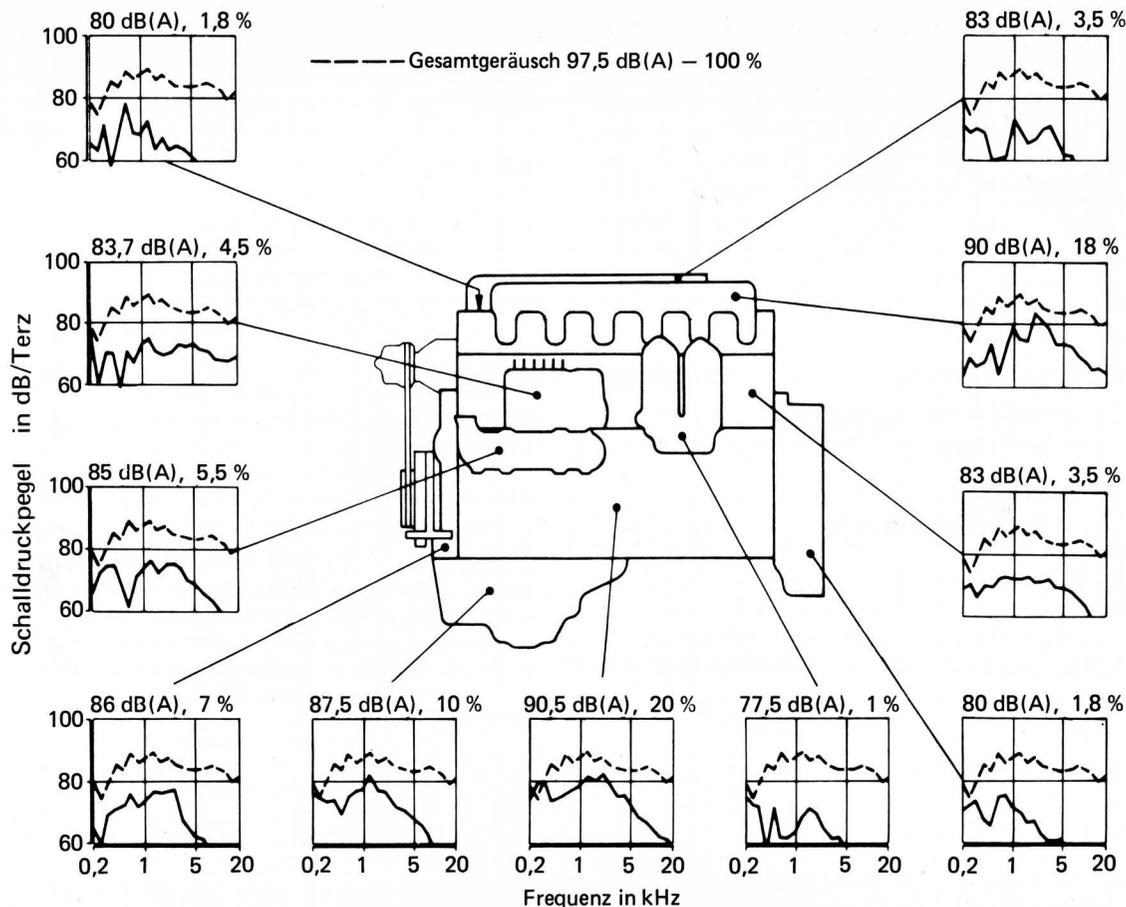


Bild 2. Geräusch von Bauteilen der Oberfläche eines wassergekühlten 6-Zylinder-Dieselmotors, Einspritzpumpenseite.

Wie in **Bild 2** am Beispiel eines 6-Zylinder-Dieselmotors gezeigt, tragen nahezu alle äußeren Bauteile, zwar mehr oder weniger, aber doch merkbar, zum gesamten Motorgeräusch bei. Den höchsten Anteil hat in diesem Beispiel die Kurbelgehäuseseitenwand mit 20 % der Schalleistung. Die vollständige Beseitigung dieses Anteiles würde das Motorgeräusch um nur 1 dB(A) vermindern. Selten machen Anteile einzelner Bauteile mehr als 30 % aus, so daß auch durch Ausschalten der Geräusche mehrerer Bauteile eine Verbesserung von mehr als 3 bis 5 dB(A) nicht erreichbar ist, umso mehr als sich Bauteilgeräusche in der Praxis kaum vollständig ausschalten lassen, [1, 2].

Eine wesentliche, also in der Größenordnung von 10 dB(A) und darüber liegende Verringerung des Motoroberflächengeräusches erfordert eine vollständige schalldämmende Verschalung des Motors. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre haben eine Ausführung ergeben, die den Motor in geringem Abstand umgibt und die ohne schallabsorbierende Auskleidung auskommt, [2, 3].

Bild 3 zeigt einen in dieser Art verschalteten 6-Zylinder-Dieselmotor mit Getriebe für den Einbau in einen Lastwagen. Verschaltungen dieser Bauweise bestehen aus gewöhnlichem Blech und sind relativ leicht. Zwangsbelüftung und rasch abnehmbare Deckel gewährleisten Betriebssicherheit und Zugänglichkeit.

Die Wirkung einer anderen ausgeführten und erprobten Kapsel dieser Bauweise zeigt **Bild 4**. Die Verbesserung ist erheblich, sie beträgt mehr als 15 dB(A). Zusätzlich zu der subjektiv sehr angenehm empfundenen Absenkung des Schallpegels im mittleren und vor allem oberen Frequenzbereich, die aus den Spektren zu erkennen ist, verschwindet weitgehend die Impulshaltigkeit des Geräusches, wodurch das Geräusch eines derart gekapselten Motors dem eines Elektromotors ähnlich wird.

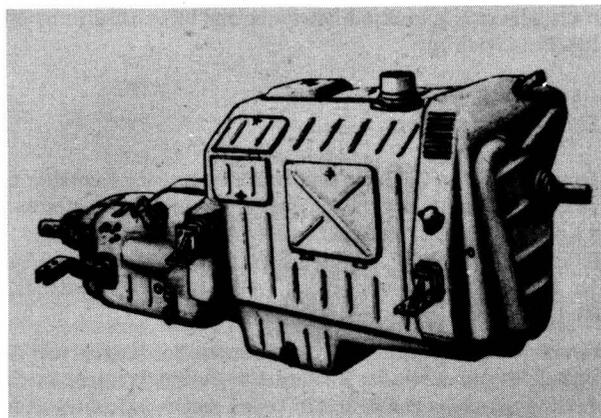


Bild 3. Wassergekühlter 6-Zylinder-Dieselmotor mit Getriebe, mit schalldämmender Gesamtverkleidung.

Die Möglichkeiten zur Verminderung des Geräusches von Schalt- und Hinterachsgetrieben sind ähnlich den vorhin für den Motor besprochenen. Das Geräusch dieser Teile entsteht sowohl durch Eigenanregung als auch, vor allem beim Schaltgetriebe, durch Körperschalleinleitung vom Motor her. Während die Körperschalleinleitung nur durch vollständige Trennung unterbunden werden kann, ist eine Herabsetzung der Eigenanregung unter Umständen in etwas größerem Ausmaß als beim Motor denkbar. Ein sicherer Weg, das Getriebegeräusch stark herabzusetzen, ist auch hier durch schalldämmende Verschalung gegeben, wobei der Aufbau dieser Verschalung im Prinzip dem beim Motor beschriebenen entspricht und das Getriebe ohne weiteres starr mit dem Motor verbunden bleiben kann.

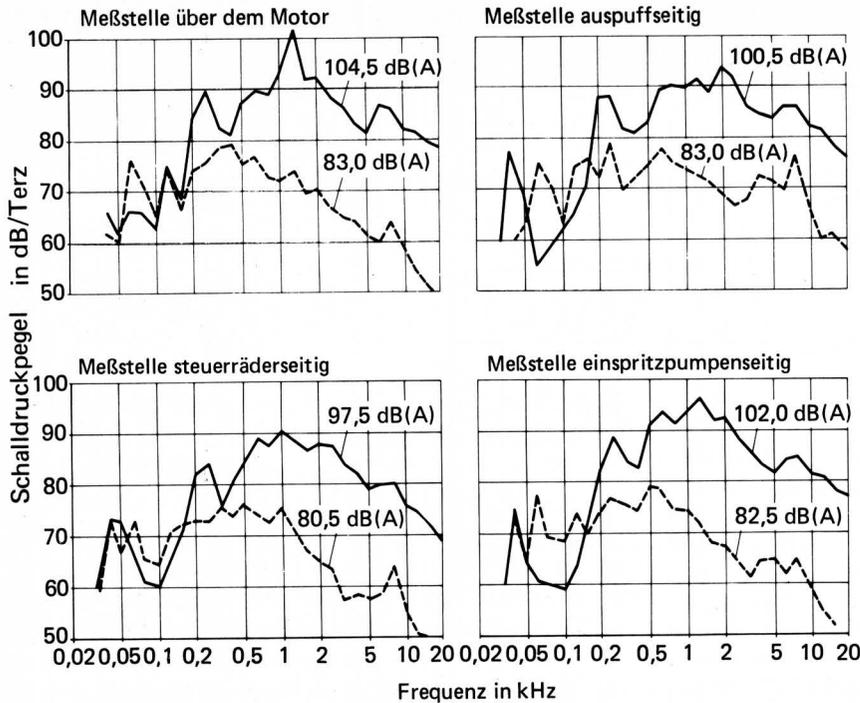


Bild 4. Geräusch eines wassergekühlten 6-Zylinder-Dieselmotors mit (---) und ohne (—) schalldämmende Verkleidung in 1 m Abstand im reflexionsarmen Meßraum bei 100 kW und 2500 U/min.

Das Geräusch des Aufbaues entsteht im Gegensatz zu allen bisher genannten Geräuschen nur durch Körperschalleinleitung über die Abstützungen. Eine Herabsetzung ist demnach möglich durch Körperschallisolierung im Bereich der Abstützungen, Verminderung der Resonanzfähigkeit durch Dämpfung und Versteifung sowie, speziell für das Innengeräusch der Kabine, durch Erhöhung der Luftschalldämmung, exakte Abdichtung und luftschalldämmende Innenauskleidung.

4. Schlußfolgerungen

Aufgrund des bisher Gesagten sind zwei verschiedene Konzepte für geräuscharme Traktoren denkbar. Bei dem in **Bild 5** gezeigten ersten Konzept wird im wesentlichen der übliche Aufbau heutiger Traktoren beibehalten, d.h. Motor, Schalt- und Hinterachsgetriebe bilden eine in sich geschlossene, den Traktorrahmen darstellende Einheit, die die Fahrwerkskräfte aufnimmt.

Neben der bereits besprochenen Verbesserung der Ansaug- und Auspuffschalldämpfer sowie der Kühler-Lüfter-Anlage kommt hier eine als Einheit ausgebildete schalldämmende Gesamtverkleidung in der bereits erwähnten Art für Motor, Schalt- und Hinterachsgetriebe in Frage, in welche die gegenüber dem Motor ebenfalls körperschallisoliert befestigte Kabine sowie Kraftstofftank, Kühlerverkleidung usw. integriert werden können.

Eine größere Anzahl von Detailproblemen wird sich ergeben bei der Ausbildung der verschiedenen Anschlußmöglichkeiten für Zusatzeinrichtungen wie z.B. Mähbalken, Pflug, Zapfwelle u.a.; diese Probleme erfordern einen gewissen Entwicklungsaufwand, sind aber sicher lösbar.

Dieses erste Konzept kann, da es nicht die völlige Abkehr vom heute üblichen Grundaufbau erfordert, sowohl für bereits in Produktion befindliche Traktoren in Form einer zusätzlichen Ausstattung als auch für zukünftige Traktoren zur Anwendung kommen. Bei der Anwendung auf bereits vorhandene Traktoren wird eine genaue Analyse hinsichtlich der Beiträge der einzelnen Geräuschquellen erforderlich sein, von der ausgehend unter Berücksichtigung des Ausmaßes der erforderlichen Geräuschsenkung das wirtschaftlichste Vorgehen festgelegt werden kann.

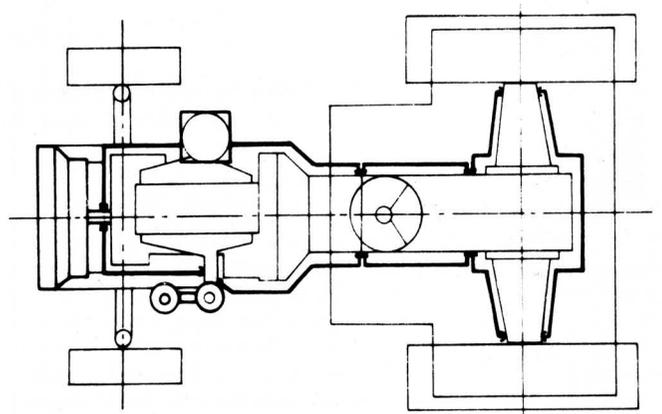


Bild 5. Konzept eines geräuscharmen Traktors (selbsttragende Bauweise).

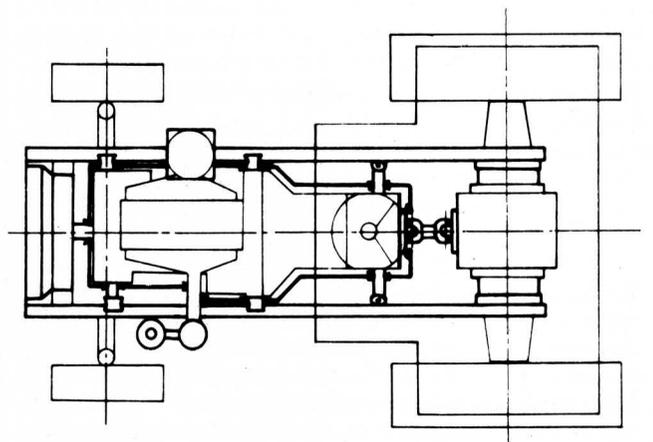


Bild 6. Konzept eines geräuscharmen Traktors (Rahmenbauweise).

Bei der Konstruktion zukünftiger Traktoren wird man vorteilhafterweise von Anfang an auf eine optimale Anwendungsmöglichkeit für die verschiedenen Maßnahmen — insbesondere der Kapselung — achten, da diese Maßnahmen dann wesentlich einfacher und daher billiger verwirklicht werden können.

Dem zweiten Konzept, **Bild 6**, liegt das bekannte Prinzip der Rahmenbauweise zugrunde. Bei diesem Konzept sind, wie z.B. bei Lastkraftwagen, Motor und Schaltgetriebe als Einheit elastisch in dem die Fahrwerkskräfte aufnehmenden Rahmen gelagert.

An diesem Rahmen ist die Vorderachse und das Hinterachsgetriebe starr befestigt, die Kraftübertragung zwischen Schalt- und Hinterachsgetriebe erfolgt mittels Gelenkwelle.

Die Maßnahmen zur Reduzierung des Geräusches von Ansaug-, Auspuff- und Kühlsystem sind mit denen des vorher beschriebenen Traktorkonzeptes identisch. Motor und Schaltgetriebe werden in der erwähnten Art mit einer schalldämmenden Kapsel versehen. Hinterachsgetriebe ergeben im Gegensatz zum Schaltgetriebe im allgemeinen wenig Eigengeräusch, so daß eine Kapselung des Hinterachsgetriebes unter Umständen entfallen kann.

Die Kabine und sonstige Aufbauten werden vorteilhafterweise an dem gegenüber dem Motor körperschallisolierten Fahrzeugrahmen abgestützt. Auch wird man zweckmäßigerweise die früher genannten Zusatzeinrichtungen nicht am Motor, sondern am Fahrzeugrahmen befestigen, wodurch komplizierte Durchführungen durch

die Verschalung entfallen. Die Vorteile dieser Bauweise sind aber nicht so groß, daß man zwingend von der heutigen Blockbauweise auf die Rahmenbauweise übergehen müßte.

Bei beiden Konzepten erstreckt sich die geräuschmindernde Wirkung naturgemäß außer auf die Umgebung auch auf den Fahrer, so daß der Aufwand zur Geräuschdämmung der Kabine wesentlich kleiner gehalten werden kann als dies derzeit der Fall ist.

Schrifttum

- [1] *Thien, G.E. u. H. Fachbach*: Geräuscharme Dieselmotoren in neuartiger Bauweise. MTZ Motortechn.Z. Bd. 35 (1974) Nr. 8, S. 237/46.
- [2] *Thien, G.E.*: Möglichkeiten zur Senkung des Geräuschpegels von Dieselmotoren, ATZ Automobiltechn.Z. Bd. 74 (1972) Nr. 7, S. 261/69.
- [3] *Thien, G.E. u. H. Fachbach*: Geräuschverminderung an Dieselmotoren durch Änderung äußerer Bauteile und schalldämmendes Verkleiden. MTZ Motortechn.Z. Bd. 32 (1971) Nr. 5, S. 145/52.

Eine Betrachtung der Trocknung landwirtschaftlicher Produkte anhand charakteristischer Diagramme

Von Dietrich Lehmann, Göttingen*)

DK 664.8.047:536.717

Trocknen bedeutet das Annähern an ein thermodynamisches Gleichgewicht zwischen behandeltem Gut und Trocknungsmedium. Ausgehend vom Zustand der Außenluft läßt sich für jedes Verfahren landwirtschaftlicher Trocknung ein spezifischer Gleichgewichtszustand definieren und anhand charakteristischer Diagramme, wie *i,x*-Diagramm und Sorptionsisothermen darstellen. Dabei wird deutlich, in wie engen Grenzen diese Werte zu suchen sind. Die Betrachtung läßt Rückschlüsse auf die Wahl und die Handhabung von Trocknungsverfahren zu.

Unter dem Begriff Trocknung versteht man im allgemeinen den thermischen Entzug von Feuchtigkeit aus einem Produkt. Dazu ist es notwendig, daß zwischen der Oberfläche am oder im Gut und dem Trocknungsmedium, im allgemeinen Luft oder Heizgas, ein Dampfdruckgefälle besteht, das die Gutsfeuchtigkeit veranlaßt, an dieser Oberfläche zu verdampfen und in den trocknenden Gasstrom überzutreten.

Ein solches Dampfdruckgefälle kann bei gleicher Temperatur von Material und Trocknungsluft herrschen, wie es bei der Kaltbelüftung vorkommt, oder infolge einer Temperaturdifferenz, wie bei der Warm- und Heißlufttrocknung, aufgebaut werden. Seine waserentziehende Wirkung wird aufgehoben, wenn sich die Luft soweit mit Dampf sättigt, daß ihr Dampfdruck dem entspricht, der am oder im Produkt herrscht und der seinerseits durch die Bindungskräfte zwischen dem biologischen Stoff und der Feuchtigkeit bestimmt wird.

Das bedeutet, daß im Verlauf eines Trocknungsvorganges immer ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Trocknungsmedium und dem zu entfeuchtenden Material angestrebt wird, und zwar sowohl in bezug auf die Temperatur als auch auf den Dampfdruck.

1. Trocknung mit Außenluft

Ausgangsbasis für den jeweiligen Zustand der Trocknungsluft bei den unterschiedlichen Verfahren ist immer die Außenluft, die z.B. bei der Bodenheubereitung oder Kaltbelüftung direkt auf das Gut einwirkt oder die, durch Wärmezufuhr auf ein höheres Energiepotential gebracht, wie bei der Warm- und Heißlufttrocknung eingesetzt wird. Der Luftzustand kann eindeutig mit Hilfe des *i,x*-Diagramms für feuchte Luft beschrieben werden.

*) *Dipl.-Ing. Dr.sc.agr. Dietrich Lehmann ist am Landmaschinen-Institut der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. F. Wierneke) tätig.*