

Peter Krause-Bergmann: «Longueur et qualité des produits hachés obtenus par les hacheuses mobiles pourvues d'outils de hachage simplifiés.»

La qualité de hachage est d'une influence capitale sur le succès de l'ensilage et sur le volume nécessaire au transport et au stockage du fourrage haché constitué de produits légers comme la paille et le foin. Les outils simplifiés des nouvelles hacheuses-chargeuses étudiées produisent un fourrage haché qui se distingue généralement beaucoup de celui que l'on obtient à l'aide des hacheuses-chargeuses conventionnelles. La longueur des fragments est plus irrégulière et leur longueur moyenne est plus élevée. Le traitement par les outils de hachage simplifiés conduit à un amollissement du produit haché. Le hachage de foin séché sur le sol occasionne en tout cas des détériorations, qui sont particulièrement élevées si la machine est pourvue d'un tambour de coupe. C'est pourquoi l'utilisation des hacheuses-chargeuses pour le ramassage du foin séché sur le sol, peut entraîner des pertes très élevées. L'utilisation des hacheuses-chargeuses est plus avantageuse pour le rentrage de produits humides destinés à l'ensilage ou au séchage dans des installations d'aération artificielle. Les différences de la qualité de travail entre les hacheuses-chargeuses conventionnelles et celles de conception nouvelle sont compensées par des avantages de prix et dans l'organisation du travail.

Urte Daiber-Kuhnke:

Das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide bei der Behältertrocknung

Institut für Landtechnik, Bonn

Durch die Anwendung moderner Getreideernteverfahren fällt in vermehrtem Umfang feuchtes Korn an. Um dieses besonders leicht verderbliche Feuchtgetreide in einen lagerfähigen Zustand zu bringen, muß der Wassergehalt des Kornes bis auf etwa 14% gesenkt werden. Die Trocknung wird in Lagerhäusern und landwirtschaftlichen Großbetrieben meist in Durchlauf Trocknern durchgeführt, in denen das Getreide etwa eine Stunde einem Warmluftstrom von ca. + 50° C ausgesetzt ist. Für die Großzahl der landwirtschaftlichen Betriebe kommt vorwiegend die Belüftungstrocknung in Betracht. Hierbei erfolgt die Trocknung im Laufe von sechs bis zehn Tagen durch Belüften des im Behälter lagernden Getreides mit normaler oder um einige Grad C angewärmter Luft.

Für die Belüftung des Getreides mit atmosphärischer Luft hat das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide eine besondere Bedeutung. Kornwassergehalt und Luftfeuchtigkeit streben immer einem bestimmten Wert, dem hygroskopischen Gleichgewicht, zu. Ist dieses Gleichgewicht erreicht, kann unter gleichbleibenden Luftbedingungen keine weitere Trocknung oder Anfeuchtung des Kornes mehr stattfinden. Die Kenntnis des hygroskopischen Gleichgewichtswertes und seiner Abhängigkeit von den verschiedenen Faktoren ist eine wertvolle Hilfe für die richtige Behandlung des Getreides bei der Lagerung und Trocknung. Darüber hinaus läßt sie Rückschlüsse zu auf die erreichbare Abtrocknung des Kornes auf dem Feld sowie auf die Einsatzmöglichkeit des Mähdeschers.

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgleichgewichtes bestehen verschiedene Möglichkeiten. So kann man das Getreide entweder durch Anfeuchtung oder aber durch Trocknung an den Gleichgewichtswert heranzuführen. Einige Forscher haben festgestellt, daß sich hierbei — trotz gleicher Luftbedingungen — zwei verschiedene Gleichgewichtswerte ergeben. Diese Differenz wird als Hysteresis bezeichnet; sie kann 0,5 bis 1% Getreidewassergehalt betragen [1]. Bei Reis wurden zum Teil noch stärkere Abweichungen gemessen [2].

Neben dieser verschiedenartigen Angleichung des Getreides an den Endwert können außerdem zwei entgegengesetzte Wege der Versuchsdurchführung eingeschlagen werden. Man kann einmal die Angleichung der Luft an eine bestimmte Kornfeuchtigkeit herbeiführen. Die zweite Möglichkeit besteht in der Angleichung des Getreides an eine bestimmte relative Luftfeuchte. Diese Versuchsmethode kann außerdem mit ruhender oder bewegter Luft angewandt werden.

Peter Krause-Bergmann: «Largo y calidad del corte en ensiladoras de campo con herramientas de corte simplificadas.»

La calidad de los piensos cortados tiene una influencia decisiva en el resultado que da la preparación de forrajes fermentados y en el lugar que ocupan en el transporte como en el almacenaje los productos cortados de materiales ligeros, como la paja y el heno. Las herramientas simplificadas de las ensiladoras de nueva construcción que se han ensayado, dan un producto que por regla general se distingue notablemente del que producen las ensiladoras acostumbradas. Estas dan trozos de largo desigual, siendo en promedio los trozos más largos. La preparación con los dispositivos simplificados da una estructura más homogénea. Ensilando heno secado en el campo, se producen en todo caso daños especialmente elevados, cuando se emplee el tambor segador, pudiendo producirse pérdidas considerables al ensilar el heno secado en el campo. Las condiciones son más favorables, ensilándose los piensos húmedos, tal como se recogen para la ventilación y para la preparación de piensos fermentados. Las diferencias de calidad de trabajo entre las ensiladoras usuales y las de nueva construcción se enfrentan con ventajas en el precio y en la facilidad de trabajo.

In engem Zusammenhang mit der Versuchsanordnung steht die Methode zur Messung aller Zwischen- und Endwerte. Besonders sei auf die Bestimmung des Getreidewassergehaltes hingewiesen. Es gibt zur Messung der Kornfeuchte zahlreiche Methoden, bei denen die unterschiedlichsten Apparate zur Anwendung kommen. Selbst die Wassergehaltsbestimmung mit Hilfe des Trockenschrankes — die gebräuchlichste Methode — erfolgt mit unterschiedlichen Temperaturen, Trocknungszeiten, Probengewichten und Körnungsgößen des Probenmaterials. Hierdurch können Unterschiede in den Ergebnissen hervorgerufen werden [3, 4].

Es liegt bereits eine Anzahl von Untersuchungen über das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide vor; die Ergebnisse weichen jedoch voneinander ab. Die hauptsächliche Ursache hierfür liegt wohl in den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Gleichgewichtswerte. Da die Streuungen aber in dem für die Praxis wichtigsten Bereich um 14% Kornfeuchte besonders deutlich sind, erschien es zweckmäßig, neue Versuche durchzuführen¹⁾. Hierbei wurde von dem späteren Anwendungsbereich (Körnertrocknung mit atmosphärischer Luft) ausgegangen. Das Getreide sollte während der Untersuchungen möglichst den gleichen Bedingungen unterworfen sein, denen es auch in der Praxis ausgesetzt ist. Aus diesen Überlegungen heraus wurde

1. mit den deutschen Hauptgetreidearten gearbeitet,
2. der Einfluß der Temperatur berücksichtigt (in dem in Deutschland während und nach der Ernte vorherrschenden Temperaturbereich),
3. bewegte Luft benutzt,
4. das Getreide durch Trocknung an das Gleichgewicht herangebracht,
5. zur Herstellung der relativen Luftfeuchte reines Wasser — keine chemische Lösung — benutzt.

Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden mit der in Bild I als Schema dargestellten Klimatisierungsanlage durchgeführt. Diese Anlage bestand

¹⁾ Diese Veröffentlichung ist ein Auszug aus der Dissertation der Verfasserin „Das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide bei der Behältertrocknung“. Die zugehörigen Forschungsarbeiten wurden im Institut für Landtechnik der Universität Bonn (Direktor: Prof. Dr.-Ing. C. H. DENCKER) mit dankenswerter Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes NRW, Düsseldorf, durchgeführt.

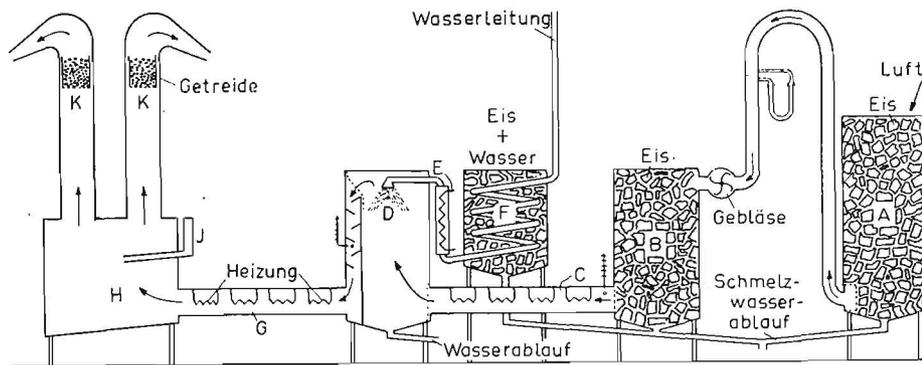


Bild 1: Schema der Klimatisierungsanlage

aus einem Ventilator, aus der Kühleinrichtung, einer Befeuchtungsanlage und mehreren Heizelementen.

Die Luft wurde von dem Ventilator aus dem Raum durch eine Eisvorlage (A) hindurch angesaugt und durch einen zweiten Eisbehälter (B) gedrückt. Der Luftstrom wurde dabei auf etwa $+1^\circ$ bis $+2^\circ$ C abgekühlt und hatte dann in den meisten Fällen volle Wasserdampfsättigung. Dadurch war ein gleichbleibender Anfangszustand der Luft geschaffen. Anschließend passierte die Luft ein Heizrohr (C). Mit der Erwärmung entstand ein Sättigungsdefizit, so daß der Luftstrom im anschließenden Befeuchtungsbehälter Feuchtigkeit aufnehmen konnte. Damit die Temperatur des Wassers die Lufttemperatur nicht zu stark beeinflusste, konnte das Wasser auf dem Weg zur Einsprühdüse (D) erhitzt (E) oder gekühlt (F) werden. Beim Verlassen des Befeuchtungsbehälters mußte der absolute Wasserdampfgehalt der Luft der gewünschten absoluten Endfeuchte entsprechen. Im zweiten Heizrohr (G) wurde die Luft bis zur geforderten Endtemperatur erwärmt. Aus dem anschließenden Behälter (H), in dem die Luft noch einmal durchmischt wurde, wurde ein kleiner Teil des Luftstromes zu einem Aspirations-Psychrometer (mit Ventilator und Dauerbefeuchtung) (J) abgeleitet, so daß der Luftzustand ständig kontrolliert werden konnte. Die Spannungsschwankungen des elektrischen Netzes wurden nach Beobachtung eines Voltmeters mit Hilfe eines Widerstandes ausgeglichen. Zur Wägung der Getreideproben wurde eine Analysenwaage benutzt, und für die Wassergehaltsbestimmung standen ein Heraeus-Trockenschrank und ein Exsikkator zur Verfügung.

Zur Versuchsdurchführung wurde der klimatisierte Luftstrom durch vier Getreideproben, die sich in den senkrechten Rohren über dem letzten Behälter befanden, geblasen. Die Probenbehälter konnten zur Wägung herausgenommen werden. Sie bestanden aus Rohrstücken mit Siebböden (K). Auf diesen lag je eine 150 g schwere Getreideprobe. Damit die Luft das Getreide durchströmte, waren die Probenbehälter an ihrem unteren Ende durch Gummidichtungen gegenüber dem äußeren Rohr abgeschirmt.

Bevor die Getreideproben in den klimatisierten Luftstrom gebracht wurden, wurde ihre Feuchtigkeit durch Zugabe von destilliertem Wasser oder Vortrocknung etwas über den zu erwartenden Versuchswert eingestellt. Danach wurde das Getreide gut durchmischt und 36 bis 48 Stunden in verschlossenen Flaschen aufbewahrt. Erst dann gelangten die Proben in den Luftstrom. Durch regelmäßige Wägungen konnte die Wasserabgabe des Getreides verfolgt werden. Wenn über drei Stunden hinweg keine Änderung des Probengewichtes mehr festgestellt wurde, oder nur noch geringe Schwankungen um einen Mittelwert, konnte angenommen werden, daß sich das Getreide auf das hygroskopische Gleichgewicht eingestellt hatte, und der Versuch wurde beendet. Nach gründlicher Durchmischung wurde das Getreide geschrotet und der Wassergehalt im Trockenschrank — durch Trocknung bei 105° C während 16 Stunden — festgestellt. Es wurde bewußt darauf verzichtet, zur Messung der Kornfeuchte eine Methode herauszusuchen, die die größte absolute Genauigkeit gewährt. Vielmehr wurde die in vielen praktischen Versuchen angewandte Trockenschrankmethode ausgewählt, um jederzeit leicht reproduzierbare Verhältnisse zu schaffen. Es wurde also weniger Wert auf die absolute Genauigkeit als auf die Vergleich-

barkeit mit anderen, nach dieser Methode gewonnenen Versuchsergebnissen, gelegt. Zur Bestimmung der Kornfeuchtigkeit wurden jeweils zwei 50-g-Proben aus dem zerkleinerten Getreide entnommen und der Mittelwert der beiden zugeordneten Resultate für die Auswertung der Versuchsergebnisse benutzt.

Da die während der Untersuchungen gefundenen Gleichgewichtswerte für die Behältertrocknung mit normaler Außenluft Geltung haben sollen, wurden die Versuche mit zwischen $+5^\circ$ C und $+30^\circ$ C liegenden Temperaturen und in dem Bereich von ca. 40% bis etwa 90% relative Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Als Versuchsmaterial kam totreifes Getreide von guter Qualität zur Verwendung.

Trotz sorgfältigem Aufbau der Versuchsanlage und exakter Durchführung zeigen die Messungen eine gewisse Streuung. Diese Abweichungen können wohl zum Teil durch die Wassergehaltsbestimmung begründet werden. Weiterhin ließen sich Schwankungen des Luftzustandes nicht ganz vermeiden. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei den Versuchen mit $+25^\circ$ C und $+30^\circ$ C. Die gesamte Anlage war zwar durch Glaswolle und anderes Isoliermaterial vor den Einflüssen der Umgebungstemperatur weitgehend geschützt, außerdem wurde für die Versuche mit $+30^\circ$ C derjenige Teil der Anlage, der die Getreideproben enthielt, mit einem beheizten Zelt umgeben. Trotzdem besteht die Möglichkeit, daß durch ungleichmäßige Wärmeverteilung innerhalb des Zeltes ein Einfluß der Temperatur des Versuchsraumes nicht völlig ausgeschaltet wurde.

Hinzu kommt, daß sich die Untersuchungen über zwei Jahre erstreckten. Um dasselbe Ausgangsmaterial zu behalten, mußten die letzten Versuchsreihen ($+30^\circ$ C und Sortenversuche) mit altem Korn durchgeführt werden. Innerhalb dieser langen Zeit können biologische Veränderungen aufgetreten sein, die sich vielleicht auf die Höhe des gemessenen Gleichgewichtswertes ausgewirkt haben.

Die während der Untersuchungen festgestellten Gleichgewichtswerte liegen daher nicht genau auf einer Kurve, sondern innerhalb eines Streubandes. Die in den folgenden Bildern dargestellten Gleichgewichtskurven wurden entsprechend den graphisch gemittelten Werten eingezeichnet.

Die Versuchsergebnisse

Einfluß der relativen Luftfeuchte

Von allen Faktoren, welche die Höhe des hygroskopischen Gleichgewichtswertes beeinflussen, ist die Auswirkung der relativen Luftfeuchtigkeit am deutlichsten. Die unterste der in Bild 2 dargestellten Gleichgewichtskurven ergab sich aus den Untersuchungsergebnissen von Weizen bei $+20^\circ$ C und verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeiten. Der Verlauf der Kurve zeigt die charakteristische Tendenz aller Gleichgewichtskurven. Die mit zunehmender relativer Luftfeuchte stärker werdende Steigung der Kurve bedeutet, daß der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit auf das hygroskopische Gleichgewicht im Gebiet der hohen Feuchtigkeiten größer ist als im trockenen Bereich. Zwischen 85% und 90% relativer Luftfeuchte bewirkt ihre Erniedrigung um etwa 2% eine Verminderung des Getreidewassergehaltes um 1%. Um eine Abnahme der Kornfeuchtigkeit um gleichfalls 1% in dem Bereich zwischen 60% und 70% relativer Luftfeuchte zu erzielen,

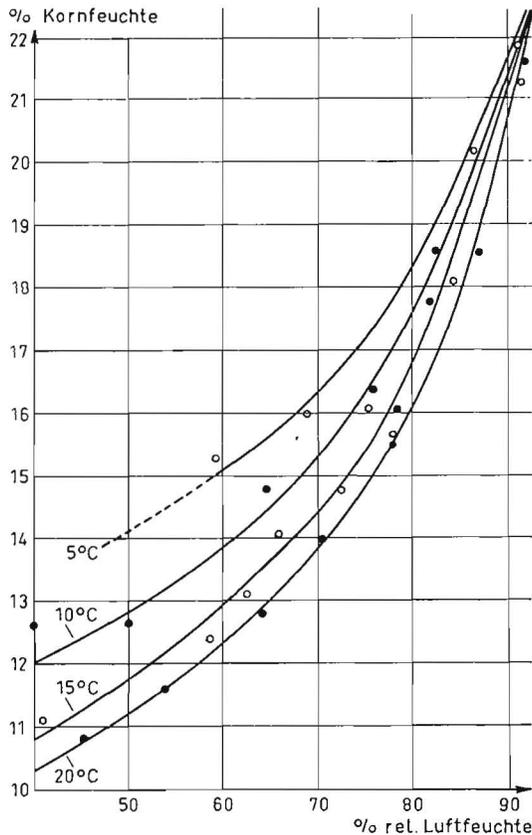


Bild 2: Gleichgewichtskurven von Weizen bei verschiedenen Temperaturen

müßte die Feuchtigkeit der Luft um ca. 7%, in dem trockenen Bereich von 45% relativer Luftfeuchte sogar noch stärker, verringert werden.

Für die Praxis ist diejenige relative Feuchtigkeit der Luft von besonderer Bedeutung, bei welcher das Getreide bis zu seiner Lagerfähigkeit, also bis zu 14% Wassergehalt abtrocknen kann. Aus Bild 2 ist zu ersehen, daß einem Kornwassergehalt von 14% bei +20°C eine relative Luftfeuchtigkeit von 71% entspricht. Umgekehrt muß Getreide mit weniger als 14% Wassergehalt bei

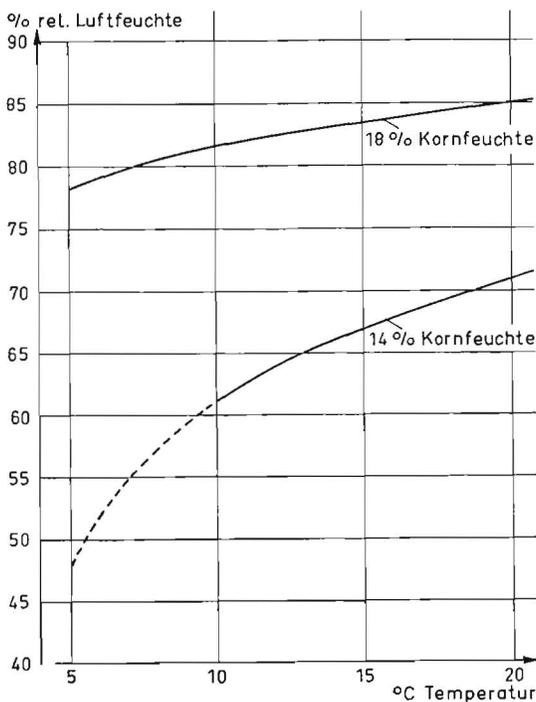


Bild 3: Abhängigkeit des Feuchtigkeitgleichgewichtes von der Temperatur bei Weizen

den gleichen Luftbedingungen Feuchtigkeit aufnehmen. Ob und wie weit durch den Hysteresiseffekt eine Verschiebung des Gleichgewichtswertes erfolgt, wurde während der vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt, da sich das Getreide stets durch Trocknung auf das hygroskopische Gleichgewicht einstellte.

Einfluß der Temperatur

Die Gleichgewichtskurven wurden in derselben Weise für sechs verschiedene Temperaturen ermittelt. Die hierbei festgestellten Werte für Weizen (für vier verschiedene Temperaturen) sind ebenfalls in Bild 2 erkennbar. Die Kurven liegen im Gebiet der hohen Feuchtigkeiten verhältnismäßig dicht beisammen, gehen aber zu den niedrigen relativen Luftfeuchtigkeiten deutlich weiter auseinander. Mit zunehmender Feuchtigkeit wirkt sich also die Temperatur auf die Höhe des Gleichgewichtswertes weniger aus.

Bei einer bestimmten relativen Luftfeuchte läßt sich mit ansteigender Temperatur ein niedriger werdender Gleichgewichtswert erkennen. Ein Vergleich der Abstände zwischen den einzelnen Kurven — wiederum bei derselben relativen Luftfeuchtigkeit — ergibt eine Verringerung des Temperatureffektes mit zunehmender Temperatur. Die bei +25°C und +30°C gemessenen Gleichgewichtswerte ergaben keinen wesentlichen Unterschied zur +20°C-Kurve.

Der mit ansteigender Temperatur kleiner werdende Temperatureinfluß ist in der vorliegenden Literatur nicht erwähnt. Er kommt aber auch in den von MOHS [5] dargestellten Gleichgewichtswerten für Gerste durch eine Abknickung der Kurven in etwa zum Ausdruck. Es läßt sich dort außerdem in dem Bereich von 14% bis 16% Kornfeuchtigkeit eine Überschneidung der bei +27°C und +32°C gemessenen Werte erkennen. Ebenso zeigen die von WINKELER [6] angegebenen Gleichgewichtskurven für Luzerne im trockenen Bereich bei 10% Wassergehalt eine Überschneidung der +25°C- und 30°C-Kurven.

Die Ursache für das Abklingen des Temperatureinflusses oberhalb von +20°C bis +25°C konnte leider nicht sicher festgestellt werden; dazu wären weitere Untersuchungen erforderlich gewesen, bei denen auch die Atmung des Getreides zu berücksichtigen gewesen wäre. Da aber in den für die Getreidenachbehandlung in Frage kommenden Monaten nur in äußerst günstigen Fällen Durchschnittstemperaturen von +25°C vorkommen, sind diese nicht gesicherten Werte für die praktische Anwendung von geringerer Bedeutung.

Von besonderem Interesse sind dagegen die Werte bei +5°C bis +20°C, die in der Regel, je nach Klimagebiet und Tageszeit, nach der Ernte herrschen. In diesem Bereich ist eine sehr deutliche Abhängigkeit des Feuchtigkeitgleichgewichtes von der Lufttemperatur zu erkennen. Eine Trocknung bis zu 14% Kornfeuchte (Weizen) kann erfolgen, wenn die Luft (Bild 3)

- bei +20°C 71% rel. Luftfeuchtigkeit
- bei +15°C 67% rel. Luftfeuchtigkeit
- bei +10°C 61% rel. Luftfeuchtigkeit
- bei +5°C weniger als 50% rel. Luftfeuchte besitzt¹⁾.

Ein Vergleich der in eigenen Versuchen ermittelten Ergebnisse mit denen anderer Autoren ergibt, daß die eigenen Resultate eine weit größere Verschiebung des Gleichgewichtswertes mit der Temperatur aufweisen. Außerdem zeigt die starke Krümmung der Kurven (Bild 3) die veränderliche Auswirkung der Temperatur, während die Ergebnisse von anderer Seite auf einen relativ gleichmäßigen Einfluß der Temperatur hinweisen.

Der Einfluß der Getreideart

Um den Einfluß der Getreideart auf die Höhe des Gleichgewichtswertes zu untersuchen, wurden außer Weizen auch Roggen, Gerste und Hafer als Probenmaterial verwendet. Die für Roggen, Gerste und Weizen gewonnenen Ergebnisse lagen immer dicht beieinander, während der Hafer sich auf ein niedrigeres hygroskopisches Gleichgewicht einstellte. In Bild 4 sind die bei +20°C

¹⁾ Der für +5°C geltende Gleichgewichtswert (in Bild 3) ist nicht ausreichend gesichert, weil die Einstellung der niedrigen rel. Luftfeuchte bei dieser tiefen Temperatur nicht möglich war. Die ungefähre Lage des Gleichgewichtswertes konnte aber dadurch abgeschätzt werden, daß die Kurve über den niedrigsten Meßwert in Bild 2 hinaus verlängert wurde. In Bild 3 ist daher der letzte Teil der für 14% Kornfeuchte geltenden Kurve nur gestrichelt eingezeichnet worden.

(unteres Kurvenpaar) ermittelten Gleichgewichtswerte wiedergegeben. Für Roggen, Gerste und Weizen wurde eine gemeinsame Kurve entsprechend dem Mittelwert dieser drei Getreidearten eingezeichnet.

Ein Vergleich der beiden Kurven ergibt, daß dieselbe relative Luftfeuchte, bei welcher Roggen, Gerste und Weizen bis zu 14% Wassergehalt getrocknet werden können (71% bei 20°C), ausreicht, um die Haferfeuchtigkeit auf 13,4% zu senken. Soll der Wassergehalt des Hafers im Gleichgewicht 14% betragen, darf die Luft 74% relative Feuchte besitzen.

Das obere Kurvenpaar in Bild 4 zeigt die bei + 5°C gemessenen Werte. Die Gleichgewichtskurven für + 10°C und + 15°C liegen zwischen den eingezeichneten Ergebnissen. Die Differenz zwischen dem Feuchtigkeitsgleichgewicht des Hafers und dem der anderen drei Getreidearten ist im kühlen Bereich etwas geringer als bei + 20°C. Der niedrigere hygroscopische Gleichgewichtswert des Hafers kann auf seine — im Vergleich zu den übrigen Getreidearten — andersartige chemische Zusammensetzung zurückzuführen sein. Er enthält bedeutend weniger Stärke.

Einfluß der Getreidesorte

Der Einfluß der Getreidesorte auf die Höhe des Gleichgewichtes wurde in Testversuchen mit drei weiteren Weizensorten und einer zweiten Gerstensorte durchgeführt. Die Abweichungen der Ergebnisse untereinander und im Vergleich zu den Resultaten der Hauptversuche sind so gering, daß die Differenzen durch die Wassergehaltsbestimmung begründet werden können. Eine Abhängigkeit des Gleichgewichtswertes von der Getreidesorte ist nach den eigenen Versuchen nicht zu erkennen.

Das wird von anderer Seite bestätigt [7, 8]. Die bei mehreren Weizensorten gemessenen Werte zeigen zum Teil stärkere Abweichungen als die eigenen Resultate. Doch sind die Differenzen unterschiedlich groß, und außerdem wurden die am höchsten liegenden Gleichgewichtswerte nicht immer bei derselben Sorte festgestellt.

Folgerungen für die Praxis

Für die Praxis hat das hygroscopische Gleichgewicht eine vielfältige Bedeutung, weil die Bedingungen der Luft eine Veränderung des Getreidewassergehaltes hervorrufen können, die mit dem Erreichen des Gleichgewichtswertes zum Stillstand kommen muß. Da neben diesem Zusammenhang von Luftfeuchtigkeit und Kornwassergehalt eine enge Verbindung zwischen der Kornfeuchtigkeit und der Gesunderhaltung des Getreides besteht, sind die Werte des Feuchtigkeitsgleichgewichtes nicht nur für die Körnertrocknung, sondern auch für die Getreidelagerung von Wichtigkeit.

Getreide auf dem Halm

Bei ungeschnittenem Getreide befindet sich das Korn in Ähren oder Rispen über eine große freiliegende Fläche verteilt. Es ist daher besonders stark den Einflüssen der Witterung ausgesetzt. Nachdem der Feuchtigkeitsnachschub durch die Wurzeln zum Stillstand gekommen ist, beginnt die Angleichung des Getreidewassergehaltes an das Feuchtigkeitsgleichgewicht, welches der relativen Feuchte der atmosphärischen Luft entspricht. Aus den Gleichgewichtskurven ergibt sich, daß Roggen, Gerste und Weizen nur dann schon auf dem Felde bis zu 14% Wassergehalt abtrocknen können, wenn die relative Feuchtigkeit der Atmosphäre bei + 20°C 71% und bei den niedrigeren Temperaturen entsprechend weniger beträgt. Für die Abtrocknung von Hafer kann die relative Luftfeuchte jeweils etwas höher liegen, weil die Gleichgewichtskurven ein wenig günstiger verlaufen als diejenigen der anderen Getreidearten.

Mit Veränderungen des Luftzustandes tritt auch eine Verschiebung des Feuchtigkeitsgleichgewichtes — ein Abtrocknen oder Befeuchten — ein. Da das Getreide bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes mehrere Stunden braucht, wird es sich auf dem Halm praktisch nie auf den endgültigen Gleichgewichtswert einstellen können. Es findet lediglich ein Hinstreben zu dem entsprechenden Feuchtigkeitsgleichgewicht statt.

Der Hafer müßte nach den Untersuchungen bei den gleichen Witterungsbedingungen trockener geerntet werden können als die

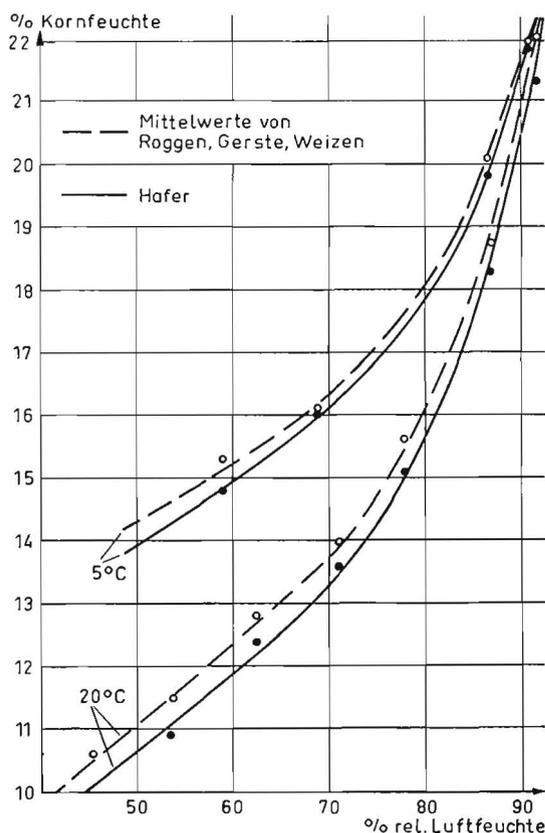


Bild 4: Abhängigkeit des Feuchtigkeitsgleichgewichtes von Getreideart und Temperatur

anderen Getreidearten. Jedoch verschiebt sich die Haferernte weiter in den Herbst, und die Luft wird mit fortschreitender Jahreszeit in der Regel feuchter und kühler. Außerdem kann sich bei den in Rispen stehenden Haferkörnern bei Niederschlägen das Wasser zwischen dem Korn und den Spelzen ansammeln. Der Hafer wird daher meist feuchter geerntet als Roggen, Gerste und Weizen.

Während in den Gebieten mit frühem Erntetermin und günstigem Klima das Korn auf dem Halm verhältnismäßig gut abtrocknet und in diesem Zustand meist auch eingebracht werden kann, kommt in klimatisch ungünstigen Lagen mit spätem Erntezeitpunkt das Getreide nur schwerlich auf einen so niedrigen Wassergehalt, daß es nach der Ernte ohne Gefährdung gelagert werden könnte. Eine Verschlechterung der Trocknungsbedingungen im ungünstigen Klima kommt nicht nur durch die höhere relative Luftfeuchte, sondern auch durch die Verschiebung des Feuchtigkeitsgleichgewichtes mit abnehmender Temperatur zustande. Für die Korntrocknung mit normaler Außenluft ist also schneller als bisher angenommen die Grenze erreicht. In den ungünstigen Klimagebieten muß die nachträgliche Korntrocknung praktisch immer mit angewärmter Luft durchgeführt werden¹⁾.

Theoretisch würde für den Einsatz des Mähdeschers in klimatisch ungünstigen Bereichen eine ähnliche, einschränkende Korrektur notwendig sein. Sie ist aber dadurch praktisch entbehrlich, daß in diesen Gebieten ohnehin stets eine Nachtrocknung mit leicht angewärmter Luft erforderlich ist.

Getreide nach der Ernte

Die größte Aufmerksamkeit bei der Körnerlagerung muß der Qualitäts- und Substanzerhaltung gelten. Die Schädigungen stehen in engem Zusammenhang mit der im Korn enthaltenen Feuchtigkeitsmenge.

Feuchtes Getreide zeigt eine deutliche Atemtätigkeit, die um so intensiver stattfindet, je feuchter und wärmer das Korn ist. Unter Aufnahme von Sauerstoff wird aus den gespeicherten Kohlenhydraten neben Kohlensäure auch Feuchtigkeit und

¹⁾ Es ist aber auch möglich, das feucht geerntete Getreide einige Zeit durch Belüften mit kalter Luft ohne Schädigung aufzubewahren, da sowohl die Kornatmung als auch das Schimmelmwachstum durch niedrige Temperaturen stark zurückgedrängt werden [9].

Wärme produziert. Die in der Kornschüttung angesammelte Feuchtigkeit und Wärme fördern wiederum die Entwicklung von Schimmelpilzen und Mikroben, so daß hierdurch und durch die Kornatmung selbst erhebliche Substanzverluste und Schädigungen des Getreides auftreten können.

Da in der Praxis das Getreide häufig nicht in lagerfähigem Zustand eingebracht werden kann, bedarf es einer sorgfältigen Nachbehandlung, deren Ziel die Reduzierung des Wassergehaltes bildet. Ob das feuchte Korn auf dem Speicherboden umgeschaufelt wird oder ob der umgekehrte Weg, nämlich die Belüftung des im Behälter ruhenden Getreides, gewählt wird, eine Abtrocknung kann in jedem Fall nur dann stattfinden, wenn die Luftbedingungen eine Trocknung zulassen. Die Senkung des Getreidewassergehaltes bis zu 14% kann nur erreicht werden, wenn die relative Luftfeuchte bei + 20° C nicht mehr als 71% beträgt. Bei niedrigeren Temperaturen muß die Luft entsprechend trockener sein (Bild 3). Höhere Feuchtigkeitswerte der Luft können, je nach Wassergehalt des Getreides, zwar noch eine Trocknung zulassen, aber der Endwert bleibt dann über dem angestrebten Getreidewassergehalt. Wenn dagegen die relative Feuchtigkeit der Außenluft das zur Kornfeuchtigkeit gehörende Gleichgewicht wesentlich übersteigt, muß das Korn, um sich auf das Gleichgewicht einzustellen, Wasser aufnehmen. Wieder feucht gewordenes Getreide verhält sich aber genauso, als wäre es feucht geerntet worden: Es atmet stark und bietet den Schimmelpilzen gute Lebensmöglichkeiten.

Wenn das Getreide bereits abgetrocknet ist, gilt es, das Korn auch in trockenem Zustand zu erhalten. Die Gefahr, daß das Getreide durch den Zutritt der Außenluft angefeuchtet wird, ist im Herbst in der Regel nur gering, denn das Getreide ist dann meist noch etwas wärmer als die Luft. Wenn nun die kühle Luft mit dem Korn in Berührung kommt, erwärmt sie sich und damit sinkt ihre relative Feuchte, so daß fast immer eine Abtrocknung möglich ist.

Demgegenüber steigt im Frühjahr die Außentemperatur schneller an als diejenige des Getreides. Dann besteht die Gefahr, daß das Korn durch Berührung mit der Außenluft Feuchtigkeit aufnimmt. Die hinzutretende Luft kühlt sich am Getreide ab, und dadurch steigt ihre relative Feuchte an. Die Abkühlung kann so stark sein, daß der Wasserdampf sich am Getreide niederschlägt.

Für die Abschätzung einer zu erwartenden Trocknung oder Anfeuchtung des Getreides genügt es nicht, nur die relative Feuchtigkeit der Außenluft zu messen. Es ist vielmehr auch die Abhängigkeit von der Temperatur zu berücksichtigen. Bei der Aufstellung einer Belüftungstabelle ist daher nicht von einer angestrebten relativen Luftfeuchtigkeit, sondern von dem zu erzielenden Kornwassergehalt auszugehen, weil dann der Temperatureinfluß in die Berechnung einbezogen werden kann. Die Belüftungsanweisungen sollen außerdem nicht nur auf der zu erzielenden Getreide-Endfeuchtigkeit für lagerfähiges Korn beruhen, sondern — wie diejenigen von THEIMER [10] — auch höhere Kornfeuchtigkeiten berücksichtigen.

Zusammenfassung

Für die Belüftung des leicht verderblichen Feuchtgetreides mit atmosphärischer Luft hat das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide eine besondere Bedeutung. Kornwassergehalt und Luftfeuchtigkeit streben immer dem hyroskopischen Gleichgewicht zu. Die Kenntnis dieses Wertes und seiner Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren ist wertvolle Hilfe für die richtige Behandlung des Getreides bei Lagerung und Trocknung.

Die Versuche wurden mit einer Klimatisierungsanlage durchgeführt, die aus Ventilator, Kühleinrichtung, Befeuchtungsanlage und mehreren Heizelementen bestand.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß von den beeinflussenden Faktoren am deutlichsten die relative Luftfeuchte wirkt, sie ist im Gebiet der hohen Feuchtigkeit größer als im trockenen Bereich. Dagegen wirkt die Temperatur mit zunehmender Feuchtigkeit sich weniger auf die Höhe des Gleichgewichtswertes aus. Der Einfluß von Getreideart und -sorte auf die Höhe des Gleichgewichts wurde ebenfalls ermittelt, wobei lediglich der Hafer sich

auf ein niedrigeres hyroskopisches Gleichgewicht einstellte als die übrigen untersuchten Getreidearten. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden die Folgerungen für die Praxis gezogen.

Schrifttum

- [1] BURÉ, M. J.: La vie des grains. In: Compte rendu de la journée préparatoire d'étude sur le séchage. Paris 1952. Edité par l'Association Générale des Producteurs de Blé et autres Céréales
- [2] BREESE, M. H.: Hysteresis in the hygroscopic equilibria of rough rice at 25° C. Cereal Chemistry, Minneapolis, Minnesota, Nov. 1955
- [3] BRÜCKNER, G.: Über den Einfluß des Analysenmaterials auf die Wasserbestimmung. Jahresbericht 1950/51 der Versuchsanstalt für Getreideverwertung, Berlin
- [4] GAY, F. J.: The effect of temperature on the moisture content — relative humidity equilibria of wheat. Journ. of Coun. for Scientific and Ind. Research, Melbourne, 1946
- [5] MOHS, K.: Die Trocknung des Getreides. In: HOFFMANN-MOHS: Das Getreidekorn, Bd. I, Berlin 1931
- [6] WINKELER, B.: Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luzerne und Wiesen gras. Landtechnische Forschung 4 (1954) S. 59—61
- [7] CANE, R.: The water content of wheats as a function of temperature and humidity. Journ. of the Society of Chem. Ind. London 1941
- [8] COLEMAN u. FELLOWS: Hygroscopic moisture in cereal grains. Cer. Chem. Vol. II, 1925. S. 275—287. In: M. STAHL: Engineering data on grain storage. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, 1948
- [9] BEWER, H. E.: Über den Einfluß der Temperatur bei der Lagerung von feuchtem Getreide. Diss. Bonn 1955. Auszugsweise veröffentlicht in Berichte über Landtechnik H. 47. Wolfratshausen 1957
- [10] THEIMER, O. F.: Erfahrungen bei der Getreidelagerung in feuchten Erntejahren. 3. Internationaler Brotkongreß Hamburg 1955. Hrsg. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Detmold.

Résumé

Urte Daiber-Kuhnke: "The Importance of Hygroscopic Equilibrium between Air and Grain in Silo Drying Operations."

For the bin-ventilation of damp grain that is easily damaged, the hygroscopic equilibrium between the atmosphere and the grain is of particular importance. The moisture inherent in the grain and the moisture content of the atmosphere always strive to attain hygroscopic equilibrium. A knowledge of this property and its dependence on various factors is a valuable aid in the proper handling of grain during storage and drying.

The investigation were carried out with an air conditioner consisting of a circulating fan, cooling equipment, a humidifier and several heating elements.

The results of the experiments show that of all the factors influencing hygroscopic equilibrium, the relative humidity of the air is the most important. The relative humidity of the atmosphere is higher in damp areas than in dry areas. With increasing humidity the temperature of the atmosphere, on the other hand, has less influence on the numerical value of the hygroscopic equilibrium. The influence exerted by various types of grains on the hygroscopic equilibrium was also evaluated and it was found that of all the grains examined, oats had the lowest hygroscopic equilibrium. The practical application of these results is then discussed.

Urte Daiber-Kuhnke: «L'équilibre entre l'humidité de l'air et celle des céréales lors du séchage dans les silos.»

L'équilibre hygroscopique a une importance particulière pour l'aération, à l'aide d'air atmosphérique, des grains de céréales humides qui risquent facilement de se détériorer. L'humidité des grains et l'humidité de l'air tendent toujours vers l'équilibre hygroscopique. La connaissance de cette valeur et de sa dépendance des différents facteurs constitue une aide efficace pour le traitement approprié des céréales pendant leur stockage et séchage.

Les essais ont été entrepris à l'aide d'une installation de conditionnement comprenant un ventilateur, un appareil de refroidissement, un appareil d'humidification et plusieurs éléments de chauffage.

Les résultats obtenus montrent que l'humidité relative de l'air est le facteur dont l'influence sur les résultats est essentielle. Cette influence est plus élevée dans la zone d'humidité élevée que dans la zone d'humidité réduite. Par contre, l'influence de la température sur la valeur d'équilibre est moindre dans les zones d'humidité élevée. L'influence du type et de la variété de céréale sur la valeur d'équilibre a été également déterminée. On a constaté que la valeur de l'équilibre hygroscopique est pour l'avoine seule inférieure à celui des autres céréales examinées. On a déduit des expériences acquises de enseignements pour la pratique.

Urte Daiber-Kuhnke: «El equilibrio higroscópico entre aire y grano en el secado de depósito.»

El equilibrio higroscópico entre trigo y aire es de máxima importancia para la ventilación del grano húmedo. El contenido de humedad en el grano y la humedad atmosférica tienden siempre al establecimiento del equilibrio higroscópico. El conocimiento de este valor y el de su dependencia de distintos factores es de mucha ayuda en el tratamiento conveniente del grano en su almacenaje y secado.

Los ensayos se hicieron con una instalación de acondicionamiento de aire, compuesta de ventilador, refrigerador, dispositivo de humectar y de varios elementos de calefacción.

Los resultados conseguidos demuestran que el grado relativo de humedad del aire es, entre los distintos factores, el que más influye, siendo más decisivo en el margen de humedad elevado que en el bajo. En cambio, aumentando el grado higroscópico, la temperatura ejerce menos influencia en el equilibrio. Se determinaron también las influencias que ejercen la clase y calidad en el equilibrio, nivelándose únicamente la avena en un punto higrométrico más bajo en comparación con los demás granos ensayados.

De los resultados conseguidos se sacaron las consecuencias convenientes para la práctica.

Hermann Lührs:

Die optimale Betriebsachslast für angetriebene Schlepperachsen und deren wirtschaftlichste Reifengrößen

Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule München

In der Bodenrinne des Institutes für Landmaschinen der TH München wurden unter der Leitung seines Direktors, Prof. Dr.-Ing. H. von SYBEL, im Auftrage der Firma Metzeler A. G., München, Wirkungsgraduntersuchungen am einzelnen treibenden Rad durchgeführt, deren wesentlichste Ergebnisse in diesem Aufsatz wiedergegeben werden.

Übertragungswirkungsgrad eines Ackerschleppertreibrades

Bild 1 stellt ein auf horizontaler, vorwiegend plastisch nachgiebiger Fahrbahn rollendes Rad dar, das von seiner Achse in Form eines Momentes angetrieben wird und das nach Überwindung des eigenen Rollwiderstandes noch die nutzbare Triebkraft T abgibt. Die Antriebsleistung des Rades beträgt somit

$$N_a = M d \cdot \omega = (M d_R + M d_T) \cdot \omega \quad (1)$$

worin $M d_R$ das dem Rollwiderstand R des Rades, $M d_T$ das der Triebkraft T äquivalente Drehmoment an der Radachse und ω die Winkelgeschwindigkeit bezeichnen. Die nutzbare Leistung beträgt

$$N_n = T \cdot v \quad (2)$$

wobei v die Geschwindigkeit angibt, mit der die Last T gezogen wird und die um den durch die Kraft T hervorgerufenen Schlupf des Rades geringer ist als die Antriebsgeschwindigkeit

$$v_0 = r_w \cdot \omega \quad (3)$$

des Rades.

Mit der Definition des Schlupfes

$$\sigma = \frac{v_0 - v}{v_0} \quad (4)$$

läßt sich aus (2) die Beziehung

$$N_n = T \cdot r_w \cdot \omega (1 - \sigma) \quad (5)$$

schreiben, so daß sich für den Übertragungswirkungsgrad eines Treibrades, der als das Verhältnis von nutzbarer zur zugeführten Leistung definiert ist, die Beziehung

$$\eta_{Tr} = \frac{T \cdot r_w \cdot \omega}{(M d_R + M d_T) \cdot \omega} \cdot (1 - \sigma) \quad (6)$$

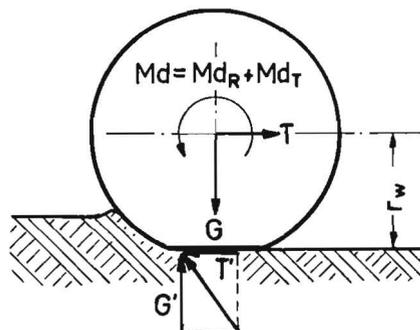


Bild 1: Kräfte am treibenden Rad

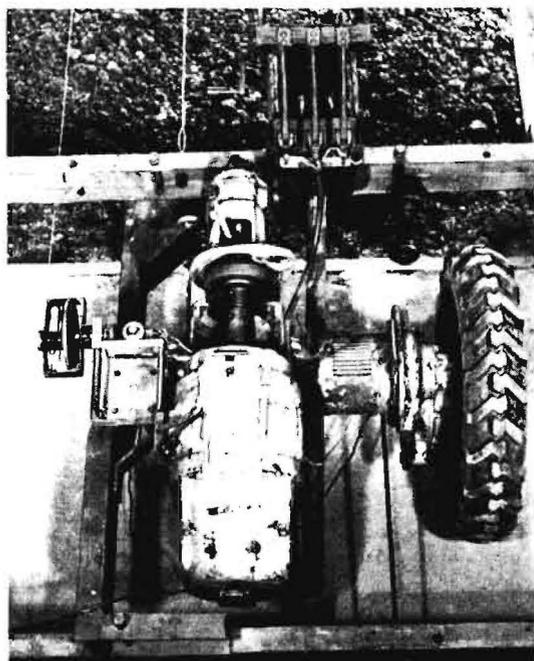


Bild 2: Das Versuchssaggregat (Gesamtansicht)

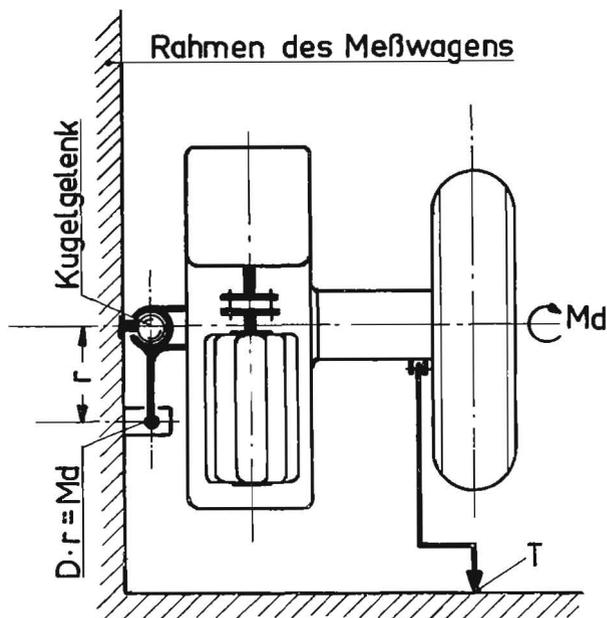


Bild 2a: Schemazeichnung des Versuchssaggregats