

angeführten Bedingungen entspricht, ist im Bild 1 dargestellt.

In Tafel 2 sind die Kapazitätsparameter für untersuchte Varianten zusammengefaßt. Dabei wird vom Maximalbedarf ausgegangen, d. h. alle Kühe erhalten 35 kg Frischfutter je Mahlzeit. Bei Abweichungen von dieser Rationsgröße verändern sich die Werte entsprechend. Für die Belüftung werden Kaltbelüftungsanlagen nach dem Teilkanalrost- oder Kanalrostsystem vorgesehen. Das Kanalsystem läßt sich nur bei der ausschließlich zweckgebundenen Nutzung der Gebäude einsetzen. Problematisch ist gegenwärtig die erforderliche Kanalreinigung. Günstiger erscheinen transportable, aufflur verlegte Luftkanäle. Die Regelung der Lüfter muß automatisch in Abhängigkeit von der im Futterstock herrschenden Temperatur erfolgen. Die Stapelhöhe des Frischfutters darf 2 m nicht überschreiten, wenn die Belüftung wirksam sein soll.

Arbeitskräfteeinsatz und Verfahrenskosten

Für einen zentralen Futterumschlagplatz werden je Schicht zwei Arbeitskräfte benötigt. Nicht darin eingeschlossen sind die für den Transport des Futters vom Umschlagplatz zu den Stallanlagen erforderlichen Arbeitskräfte. Eine Arbeitskraft bedient ständig den Lader, während eine zweite Arbeitskraft abwechselnd mit Reinigungs- und Organisationsaufgaben sowie mit dem Wägen beschäftigt ist. Nach ersten Überschlagsrechnungen bedingt die Einbeziehung eines Futterumschlagplatzes in die technologische Kette zur Frischfuttermittellieferung der Tierbestände eine Erhöhung der

Tafel 2. Leistungsparameter für Futterumschlagplätze; Ration: 35 kg Frischfutter je Kuh und Mahlzeit [2]

technologischer Kennwert		zu versorgender Tierbestand		
		3750	2500	1250
Gesamtumschlagmenge	dt/d	2650	1800	885
stündlich angelieferte Menge	dt/d	165	150	100
Anlieferungszeit	h/d	16	12	9
stündlich ausgelieferte Menge	dt/h	660	450	225
Auslieferungszeit zu belüftende	h	2 × 2	2 × 2	2 × 2
Frischfuttermenge	dt	1320	960	360
Belüftungszeit	h	14	15	15
Lagerfläche	m ²	330	240	90
stündlich ausgelieferte Menge	dt/h	200	150	90
Auslieferungszeit zu belüftende	h	2 × 6	2 × 6	2 × 6
Frischfuttermenge ¹⁾	dt	420	340	190
Belüftungszeit ¹⁾	h	9	9	9
Lagerfläche	m ²	105	85	48

1) bei rechtzeitiger Anlieferung kann auf Belüftung verzichtet werden

Verfahrenskosten von voraussichtlich 0,40 bis 0,60 Mark je dt umgeschlagenen Grünfutters. Da die Ausrüstungen für die untersuchten Größenordnungen gleich sind, sinken die Verfahrenskosten mit steigenden umzuschlagenden Grünfuttermengen. Bei Berechnung der

Verfahrenskosten wurde der Transport zu den Einzelställen nicht berücksichtigt. Alle Ausrüstungen und baulichen Einrichtungen wurden zweckgebunden mit ihren Abschreibungen, Betriebs- und Instandhaltungskosten einbezogen. Da die den Futterumschlagplatz beliefernden Transporteinheiten besser ausgelastet werden können, sind für den Transport Einsparungen zu erwarten. Eine Aufrechnung der erhöhten Verfahrenskosten für den Futterumschlag gegenüber den möglichen Kosteneinsparungen durch verringerte Futter- und Nährstoffverluste kann gegenwärtig nicht erfolgen.

Zusammenfassung

Die Einbeziehung von speziellen Frischfuttermittellieferung für bedarfsgerechten Versorgung der Kleinställe stellt eine Lösungsmöglichkeit für die zur Zeit bestehenden Probleme in der Praxis bei der Erhöhung der Futterökonomie dar. Futterumschlagplätze wirken sich dort vorteilhaft und ökonomisch aus, wo ihr Einsatz begründet ist und sorgfältig unter Beachtung der angegebenen Bedingungen vorbereitet wurde.

Literatur

- [1] Hempel, C.: Transport von Grün- und Welkgut für Frischfuttermittellieferung und Konservierung. agrartechnik 26 (1976) H. 11, S. 526–528.
- [2] Schröder, G.: Untersuchung des technologischen Ablaufes und der Gestaltung von zentralen Futterumschlagplätzen. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1976 (unveröffentlicht).

A 1679

Untersuchungsergebnisse zum Lagerverhalten von Trockengrün- und Teilfertigfuttermittelpellets bei Hallenlagerung

Dipl.-Ing. S. Schimpfky, KDT, Institut für Getreidewirtschaft Berlin, Abt. Technologie und Warenkunde Schönebeck

1. Einleitung

Durch die steigende Konzentration in der Tierhaltung und durch den notwendigen Übergang zu industriemäßigen Verfahren der Tierproduktion werden auch für die Futtermittellieferung neue Maßstäbe gesetzt. In dieser Entwicklung wird der Produktion von Trockenfuttermitteln immer größere Bedeutung zugemessen. Trockenfuttermittel sind Futtermittel, denen durch Trocknung so viel Wasser entzogen wurde, daß sie unter aeroben Bedingungen lagerfähig sind.

Vom Institut für Getreidewirtschaft Berlin wurde die Aufgabe übernommen, die erforderlichen Kennzahlen zur Lagerung von Trockenfuttermitteln zu erarbeiten, die im VEB Industrielle Rindermast Hohen Wangelin bevorratet und eingesetzt werden. Diese Arbeiten beziehen sich vornehmlich auf Trockengrün- und Teilfertigfuttermittel (TFM).

Anhand von Lagerungsversuchen und Labor-

untersuchungen sind Stoffkennzahlen zu ermitteln, die als Richtlinien zur Bewirtschaftung des Produktionsabschnitts „Lagerung von Trockenfuttermitteln“ zusammengefaßt werden.

2. Ausgangsverhältnisse und Konzeption

Die Arbeiten sind auf bestimmte Praxisbedingungen ausgerichtet:

- Lagerung des Gutes in Hallen
- Schütthöhen 4 bis 5 m
- Lagerung mit und ohne Belüftung möglich
- Lagerung des Gutes in verdichteter Form (Pellets)
- Lagerungszeiten für Trockengrün bis max. 9 Monate
- Lagerungszeiten für TFM bis max. 15 Tage.

In Voruntersuchungen wurden die wesentlichen Stoffkennwerte ermittelt, die für die Lagerung und die technologische Handhabung erforderlich sind:

- Hygroskopisches Verhalten
- Entwicklung der Mikroorganismen auf dem Gut in Abhängigkeit von der Gutfeuchte und von der relativen Luftfeuchte der Umgebungsluft

Tafel 1. Mittlere Werte für Dichten, Böschungswinkel und Porenanteil von Hafertrockengrün- und TFM-Pellets mit maximal 10% Abriebanteil

	Gutart	Hafer-trocken-grün-gut-pellets	TFM-Pellets
Schüttdichte	g/cm ³	0,43	0,38
Körperdichte	g/cm ³	0,97	0,72
Böschungswinkel	°	37	39
Porenanteil	%	56	47

— Schütt- und Körperdichten
— Böschungswinkel.

Aus dem hygroskopischen Verhalten und aus den Entwicklungsbedingungen der Mikroorganismen können Hinweise zum Lagerverhalten abgeleitet und zur Durchführung der Lagerversuche genutzt werden.

Mit Hilfe der Schütt- und Körperdichten und der Böschungswinkel kann man die notwendigen Raumauslastungen und Förderleistungen berechnen. Über den Porenanteil des Haufwerks lassen sich auch Belüftungseffekte einschätzen (Tafel 1).

Beim Lagerungsversuch selbst wurden Temperatur- und Feuchtemessungen im Gut und in der Umgebungsluft vorgenommen. Außerdem wurde das Verhalten des Gutes an der Oberfläche des Haufwerks bei wechselnden Klimaverhältnissen mit erfaßt.

Die Wirkung der Belüftung konnte nur über Temperaturmessungen im Haufwerk als Nebenbedingung erfaßt werden.

3. Hygroskopisches Verhalten

Für Trockengrüngut aus verschiedenen Pflanzen wurden Isothermen aufgenommen. Dabei ergab sich, daß Grünschnittroggen, Wiesengras, Luzerne und Getreideganzpflanzen ein ähnliches Verhalten zeigen. Ihre Gleichgewichtsfeuchten wurden deshalb zusammengefaßt und unter dem Begriff Trockengrüngut ausgewiesen. Für das Versuchsgut Hafertrockengrüngut werden die Gleichgewichtsfeuchten gesondert genannt.

Die Werte in Tafel 2 geben Aufschluß über den absoluten Feuchteausaustausch zwischen Gut und Luft. Um eine Vorstellung über die Schnelligkeit des Feuchteausaustausches zu gewinnen, wurden für Hafertrockengrüngut Sorptionsgeschwindigkeiten bestimmt. Als Ergebnis kann die aufgenommene Wassermenge in mg je Stunde, bezogen auf eine Oberfläche von 100 cm², in Abhängigkeit von der Differenzfeuchte genannt werden (Tafel 3).

Daraus muß abgeleitet werden, daß das zu Pellets verdichtete Trockengrüngut gegenüber losem Gut einen stark verzögerten Feuchteausaustausch besitzt. Andere pelletierte Futtermittel zeigen die gleiche Tendenz. Zu Pellets verdichtete Trockenfuttermittel müssen deshalb auch bessere Lagereigenschaften besitzen als loses Gut. In Tafel 3 wird auch nachgewiesen, daß bei einer Differenzfeuchte von Null kein Feuchteausaustausch stattfindet. Das ist eine hinlänglich bekannte Tatsache. Sie führt aber zu der grundlegenden Aufgabe jeder Lagerhaltung, entsprechend den optimalen Gutfeuchten diesem Zustand so nahe wie möglich zu kommen. In konsequenter Befolgung würde das immer die Klimatisierung der Lagerräume bedeuten. Um die Verhältnisse der Differenzfeuchte überhaupt einschätzen zu können, muß wenigstens das Klima (Temperatur und relative Luftfeuchte) im Lagerraum bekannt sein. Diese selbstverständliche und leicht zu realisierende Forderung wird noch viel zu wenig beachtet. Der Befall und die Entwicklung von Schimmelpilzen auf Trockengrüngut wie auch auf anderen Futtermitteln ist maßgeblich von der Gutfeuchte und von der relativen Feuchte der Umgebungsluft abhängig. Ein Temperatureinfluß ist ebenfalls vorhanden. Bei Temperaturen unter 20°C tritt er in seiner Wirksamkeit hinter den Einfluß der Gutfeuchte, weil die Entwicklung der Pilze nicht verhindert, sondern nur verzögert wird. Das gilt auch für Temperaturen unter 10°C. Die Ermittlung sogenannter Grenzfeuchten für die Entwicklung von Schimmelpilzen wurde unter Laborbedingungen in Exsik-

Tafel 2. Gleichgewichtsfeuchten für Pellets aus Trockengrüngut, Hafertrockengrüngut und TFM (bei 20°C aufgenommen)

rel. Luftfeuchte	Gutfeuchte Trockengrüngut	Hafertrockengrüngut	TFM
%	%	%	%
45	8,3	7,6	8,4
55	9,6	9,1	9,3
65	11,1	10,7	10,3
75	12,9	12,8	11,7
85	16,4	17,1	14,2

Tafel 3. Sorptionsgeschwindigkeiten für Hafertrockengrüngut in mg Wasser je Stunde, bezogen auf eine Oberfläche von 100 cm²

Differenz der Feuchten zwischen Gut und Luft (als rel. Luftfeuchte ausgedr.) in %	Sorptionsgeschwindigkeit in mg/h bei		
	Pellets zerkleinert	Pellet-abrieb	Pellets ganz
35	287	220	119
25	205	157	85
15	123	94	51
5	41	32	17
0	0	0	0

katoren mit gesättigten Salzlösungen zur Aufrechterhaltung konstanter Dampfdrucke am Trockengrüngut durchgeführt. Die Versuche erstreckten sich über 20 Tage bei Temperaturen von 20 bis 22°C.

Bei einer relativen Luftfeuchte von 70% wurde kein Befall festgestellt. Bei einem Wert von 80% konnte beginnender Befall bereits nach 14 Tagen beobachtet werden, während bei Werten von 90% und mehr nach 5 bis 10 Tagen bereits intensiver Schimmelfeuchtheit sichtbar war. Als vorherrschende Pilzarten wurden Mucor und Aspergillus erkannt. Derartige Beobachtungen am Haufwerk führten zu sehr viel längeren Einwirkungszeiten. Das wird darauf zurückgeführt, daß bei Schichtdicken von 5 bis 10 mm im Laborversuch der Feuchteausaustausch

bis zur Gleichgewichtsfeuchte viel schneller erreicht wird als im Haufwerk mit einer als unendlich anzunehmenden Schichtdicke. Auch diese Ergebnisse führen zu der dringlichen Forderung, bei Lagerkontrollen nicht nur die Guttemperaturen, sondern auch das Lagerraumklima zu erfassen.

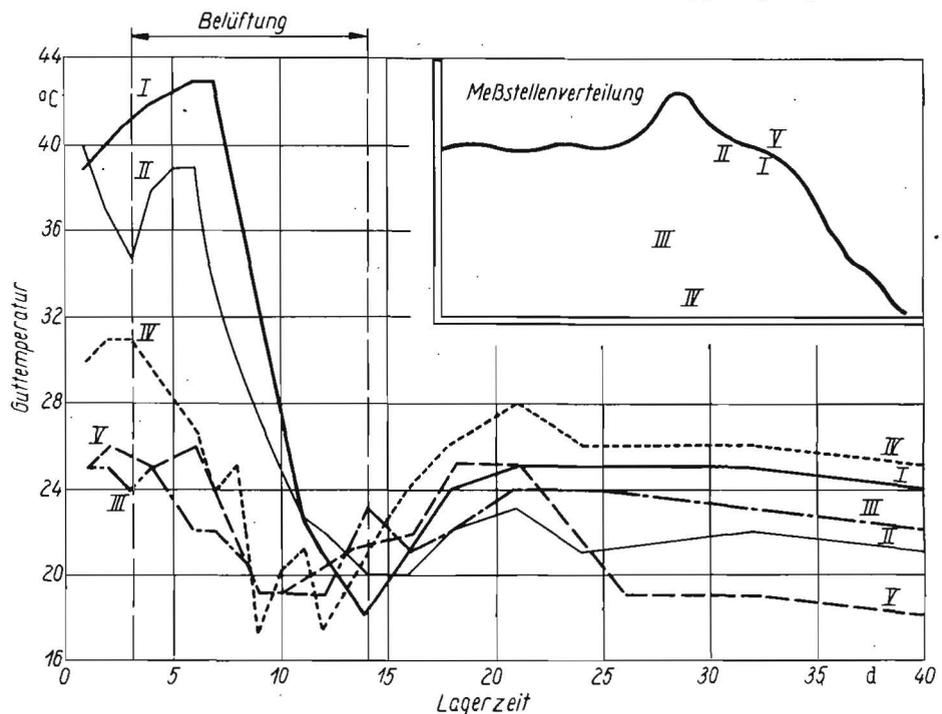
4. Verhalten beim Lagern

Für den ersten Lagerungsversuch wurden rd. 400 t Hafertrockengrüngutpellets in einem Haufwerk vereinigt. Die Guttemperaturen bei der Einlagerung betragen ab Band bis zu 37°C, die Gutfeuchten 8,5 bis 10,5%. Die erreichte Schütthöhe war 4 bis 5 m. Die Temperaturmeßfühler wurden in Tiefen von 0,5 m (Meßstellen I, II), 1,0 m, 2,5 m (Meßstelle III) und 4 m (Meßstelle IV) angeordnet. Die Raumtemperatur wurde 0,5 m über dem Gut ermittelt (Meßstelle V).

Der Temperaturverlauf während der ersten 40 Tage der Lagerung wird im Bild 1 dargestellt. Aus dem Temperaturverlauf im Stapel muß abgeleitet werden, daß bei derartig hohen Einlagerungstemperaturen eine Belüftungskühlung anzuwenden ist. Über die Dauer der Belüftung und über die Luftverhältnisse liegen keine näheren Angaben vor. Doch schon am Verlauf der Temperaturkurven ist ersichtlich, daß eine beachtliche Abkühlung des Gutes mit der Belüftung erreicht werden kann.

Das Hallenklima und das Verhalten der Haufwerksoberfläche wurden stichprobenartig registriert. In Tafel 4 sind die Ergebnisse zusammengefaßt. Bei relativen Luftfeuchten von 90 bis 92% wurden Gutfeuchten bis zu 19% gemessen. Dabei erfolgten starke Veränderungen der Pelletfestigkeit. Die einsetzende Quellung (Beginn bei relativen Luftfeuchten um 85%) zerstört das verdichtete Gefüge und verursacht einen Zerfall der Pellets. Davon ist ausschließlich die oberste Schicht betroffen. Bereits in 20 cm Tiefe ist der Feuchteausaustausch bedeutend geringer und in 50 cm Tiefe nicht mehr nachweisbar. Alle in der Halle lagernden Trockengrüngutpartien zeigten das gleiche Verhalten.

Bild 1. Temperaturverlauf von Hafertrockengrüngutpellets während einer 40tägigen Lagerung



Tafel 4. Hallenklima und Verhalten der Gütoberfläche

Datum	Temperaturen in °C		rel. Luftfeuchte in %		Gutfeuchte in %
	Hallenluft	Gütoberfläche	Hallenluft	Gütoberfläche	Gut an der Oberfläche
30. 6.	23	35...41	55	52	8,9... 9,5
17. 7.	25	24...28	58	53	9,1... 9,6
4. 8.	14	22...23	61	58	9,1...10,0
19. 8.	19	20...22	65	58	9,6...10,2
31. 8.	19	20...22	68	63	10,3...10,7
14. 9.	16	18...21	70	66	10,5...10,9
29. 9.	16	18...20	88	88	14,0...15,5
13. 10.	14	16...18	92	92	18,0...19,2
26. 10.	5	11...18	82	84	14,5...16,5
8. 12.	-1	6	95	92	18,0...19,0
2. 2.	-5	4	87	91	17,5...18,5

Tafel 5. Belüftungstabelle für Trockengrüngut

-Außenluft kälter als das Gut	Temperaturunterschiede in K								Außenluft wärmer als das Gut				
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	±0		+1	+2	+3	+4
Gutfeuchte in %	Höchstwerte der rel. Luftfeuchte der Belüftungsluft in % Gleichgewicht rel. Luftf. in %								Gutfeuchte in %				
15,0			100	97	90	86		81,5	77	72	68	64	15,0
14,0				100	96	88	83	79,0	75	71	66	62	14,0
13,0			100	97	91	85	80	75,5	72	68	63	58	13,0
12,5			100	99	93	88	83	73,5	69	64	60	55	12,5
12,0			100	97	91	86	81	71,0	67	63	59	54	12,0
11,5			100	98	93	88	82	68,5	64	60	56	53	11,5
11,0			100	95	89	83	78	65,0	61	57	54	51	11,0
10,5			96	90	86	80	75	62,0	58	54	51	47	10,5
10,0			91	86	80	75	71	58,5	55	51	47		10,0
9,0			86	80	75	71	68	55,0	52	48			9,0
8,0			81	76	71	67	63	51,0	47				8,0
7,0			66	62	58	55	52	43,0					7,0

Als Konsequenz dieser Beobachtungen muß erkannt werden, daß bei Luftfeuchten über 85% die Gutfeuchte stark zunimmt und die Lagereigenschaften des Gutes schlechter werden. Das gilt besonders für die Belüftung der Hallen. Vermieden werden muß, daß die Hallenluft über längere Zeit relative Luftfeuchten über 85% annimmt. Das kann z.B. schon dadurch weitgehend erreicht werden, daß bei ungünstigem Wetter (rel. Luftfeuchte über 80%) Türen, Fenster und Luftklappen geschlossen werden. Bei günstigem Wetter (rel. Luftfeuchte unter 75%) muß die Halle über die genannten Öffnungen belüftet werden, so daß ein vollständiger Luftaustausch erreicht werden kann.

5. Zusammenfassung

Aus den Gleichgewichtsfeuchten und aus dem Lagerverhalten von Trockengrüngut kann abgeleitet werden, daß bei Gutfeuchten bis 10% optimale Bedingungen für eine Langlagerung

gegeben sind. Für eine mittelfristige Lagerung bis höchstens 6 Monate kann die Gutfeuchte bis 12% betragen. Bei einer höheren Gutfeuchte (bereits ab 13%) muß nach 6 Wochen mit Verfärbung, Erwärmung und Verderb gerechnet werden. Diese Aussagen beziehen sich auf Gut mit Temperaturen unter 20°C. Bei Guttemperaturen um 30°C verkürzen sich die Lagerzeiten erheblich.

Das Verhalten der Pellets an der Oberfläche des Haufwerks kann als Kriterium für die Lagerfähigkeit und den möglichen Verderb betrachtet werden. Damit gewinnt das Hallenklima bei der Lagerung von Trockenfuttermitteln eine besondere Bedeutung. Beim Überschreiten der relativen Luftfeuchte von 85% wird das verdichtete Gefüge der Pellets durch Quellung zerstört. Die Lagereigenschaften des Gutes verschlechtern sich erheblich. Mit dem Zerfall der Pellets tritt auch rasch Schimmelbefall auf.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen der

Produktion von Trockengrüngutpellets (ungenügende Rückkühlung!) kommt der Belüftung des Gutes zur Senkung der Guttemperaturen die größte Bedeutung zu. Eine andere Möglichkeit der Werterhaltung besteht z. Z. nicht.

Um die Belüftung ordnungsgemäß durchführen zu können, wurde eine Belüftungstabelle auf der Grundlage der ermittelten Isothermen entwickelt (Tafel 5). Durch ihre konsequente Anwendung kann man die Belüftung durchführen, ohne befürchten zu müssen, daß Feuchtigkeit in das Gut gelangt und damit den Verderb beschleunigt. Für die Langzeitlagerung sind Temperaturen unter oder um 15°C anzustreben.

Der Einfluß des Abriebanteils konnte nicht systematisch untersucht werden. Wesentliche Gesichtspunkte dazu sind aber die Erhöhung des Böschungswinkels bis zu 70° und der höhere Feuchteausaustausch. Ein hoher Abriebanteil wirkt sich ungünstig auf die Wirkung der Belüftung aus, weil die relativ großen Poren bei der Pelletlagerung durch den Abrieb verstopft werden und den Luftaustausch im Stapel erschweren oder verhindern. Außerdem werden die Raumauslastungsverhältnisse ungünstiger.

Die Lagerfähigkeit von TFM-Pellets konnte nur stichprobenartig untersucht werden. Die Untersuchungsergebnisse und Beobachtungen gestatten folgende vorläufige Aussagen:

- TFM-Pellets zeigen eine stärkere Hygrokopazität als Trockengrüngutpellets. Für eine kurzfristige Lagerung von maximal 15 Tagen darf die Gutfeuchte 15% nicht überschreiten (Guttemperaturen unter 20°C).
- Bei Gutfeuchten von 15% stellen sich im Haufwerk bereits Bedingungen ein, die zur Entwicklung der Schimmelpilze völlig ausreichend sind. Bakterielle Zersetzung wurde unter diesen Bedingungen noch nicht beobachtet.
- Bei Temperaturen ab 30°C und Gutfeuchten von rd. 15% erwärmt sich das Haufwerk nach 6 bis 10 Tagen auf 50 bis 70°C. Sichtbarer Schimmelbefall ist spätestens nach 8 Tagen zu erkennen. Für eine risikoarme Lagerung sind bei Temperaturen um 20°C Gutfeuchten von 13% anzustreben. Für die o.g. Bedingungen von 15 Tagen bei 15% Gutfeuchte dürfen die Guttemperaturen 20°C nicht wesentlich überschreiten.
- Gutfeuchten von 17 bis 19% (bei den stichprobenartigen Untersuchungen aufgetreten) führen bereits nach 4 bis 5 Tagen zu sichtbaren und meßbaren Veränderungen im Haufwerk und sehr schnell zum Verderb.

A 1680

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

- agrartechnik; Die Eisenbahntechnik; die Technik; Feingerätetechnik;
- Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik;
- Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik;
- Schweißtechnik; Seewirtschaft