

Allgemeines

Der Übergang der Landwirtschaft zur industriemäßigen Produktion erfordert größere Ställe als sie bisher allgemein üblich waren. Eine natürliche Lüftung dieser Ställe ist nicht mehr ausreichend, sie müssen zwangsgelüftet werden. Die Zwangslüftungsanlagen sind jedoch mit einem größeren anlagentechnischen und vor allem gerätetechnischen Aufwand verbunden als die Einrichtungen zur natürlichen Lüftung. Andererseits kann aber bei den Zwangslüftungsanlagen der Förderstrom besser an die jeweilige Belastung der Anlage angeglichen werden, so daß mit ihnen der Stallluftzustand leichter auf vorgegebenen Werten gehalten werden kann.

Eine Handbedienung der Zwangslüftungsanlagen unter Ausnutzung der Möglichkeit, den Luftzustand innerhalb der vorgegebenen Grenzen zu halten, würde eine ständige dreischichtige Bedienung der Anlagen erfordern. Dem steht aber gegenüber, daß moderne Ställe nur während der Fütterungs- und Melkzeiten vom Stallpersonal besetzt sind. Weil nun die große Tierkonzentration in Großställen die intensivere Überwachung des Luftzustands notwendig macht, ist der Einsatz automatischer Regelungen zur Einhaltung des Stallluftzustands innerhalb vorgegebener Grenzen, bei gleichzeitig geringem Bedienungsaufwand zweckmäßig und vorteilhaft.

Der Stallluftzustand wird durch folgende Größen gekennzeichnet:

- Temperatur
- relative Feuchtigkeit
- Gaskonzentrationen (CO₂-Gehalt, NH₃-Gehalt u. a.)

Für die Temperatur der Stallluft werden von den Tierhaltern für die einzelnen Tierarten günstigste Werte vorgegeben — im regelungstechnischen Sinne sind das die Aufgabenwerte (Sollwerte). Für die zulässigen Abweichungen liegen jedoch heute noch keine Angaben vor, Toleranzbereiche von ± 3 bis 5 grd dürften jedoch ohne weiteres zulässig sein. Die Temperatur ist in Stalllüftungsanlagen die am häufigsten verwendete Regelgröße.

Für die relative Feuchtigkeit der Stallluft wird eine obere und zum Teil auch eine untere Grenze vorgegeben. Innerhalb des damit begrenzten Bereichs sind alle Werte zulässig. Die Einhaltung der oberen Grenze wird in den weitaus meisten Fällen durch die Bemessung der Lüftungsanlage (Mindestförderstrom, Mindestaußenluftstrom) und des Bauwerks (Wärmedämmung) bewirkt. In weiten Bereichen ist der erforderliche Förderstrom zur Einhaltung der Temperatur größer als der zur Einhaltung der oberen Grenze der Feuchtigkeit. In diesen Fällen stellt sich von selbst eine unter der oberen Grenze liegende Feuchtigkeit ein [1] [2]. Die untere Grenze der Feuchtigkeit wird meistens infolge der großen Feuchtigkeitsabgabe der Tiere nicht unterschritten. Ausnahmen hiervon bilden Hühnerställe mit Luftheizung; die Einhaltung der unteren Grenze kann hierbei nur durch zusätzliche Befeuchtung erreicht werden. Die relative Feuchtigkeit wird nur selten als Regelgröße verwendet.

Für die Gaskonzentrationen werden nur obere Grenzen vorgegeben, die nicht überschritten werden dürfen. Ihre Einhaltung wird durch die Bemessung der Lüftungsanlage (Mindestförderstrom, Mindestaußenluftstrom) bewirkt. Die sich aus den Temperatur- und Feuchtebedingungen ergebenden Förderströme sind meistens größer als die zur Einhaltung der Gaskonzentration erforderlichen. Die Gaskonzentration wird bei Stalllüftungsanlagen nicht in die Regelung einbezogen.

Die Regelung ist in Stalllüftungsanlagen nicht über das ganze Jahr wirksam, weil aus lüftungstechnischen Gründen die Anlagen zeitweise mit dem maximalen bzw. minimalen Förderstrom betrieben werden. Die Tiere im Stall geben Wärme

und Feuchtigkeit ab, wobei die Abgabe sensibler Wärme immer größer als der Transmissionswärmeverlust durch die raumumschließenden Bauteile ist. Von der Lüftungsanlage muß also über das ganze Jahr Wärme abgeführt werden, so daß die Temperatur der Luft im gelüfteten Stall immer höher als die Außenlufttemperatur ist. Eine vorgegebene Stalllufttemperatur kann deshalb nur solange eingehalten werden, wie die Außenlufttemperatur niedriger als der Aufgabenwert (Sollwert) der Stalllufttemperatur ist. Bei höheren Außenlufttemperaturen wird die Lüftungsanlage mit dem maximalen Förderstrom betrieben, dabei steigt die Stalllufttemperatur über den Aufgabenwert. Bei den bereits vorhandenen Anlagen ist beim maximalen Förderstrom die Stalllufttemperatur etwa 5 bis 10 grd höher als die Außenlufttemperatur. Diese Aussage bezieht sich auf den Beharrungszustand. Durch die Wärmespeicherung des Bauwerks können zeitweise größere wie auch kleinere Temperaturdifferenzen auftreten, wobei unter Umständen auch vorübergehend die Stalllufttemperatur unter der Außenlufttemperatur liegen kann.

Mit sinkender Außenlufttemperatur wird der zur Einhaltung der geforderten Stalllufttemperatur erforderliche Förderstrom (Außenluftstrom) kleiner. Eine beliebige Minderung ist aber bei Stalllüftungsanlagen aus Gründen des Feuchte- und Gasauftommens im Stall nicht zulässig, weil dann die obere Grenze der relativen Feuchtigkeit und der Gaskonzentrationen überschritten würde. Wird beim Absenken des Förderstroms durch die Temperaturregelung die obere Grenze der relativen Feuchtigkeit erreicht, so kann ein weiteres Absenken des Förderstroms nur so erfolgen, daß gerade die obere Grenze der relativen Feuchtigkeit eingehalten wird. Das kann durch eine Feuchteregelelung verwirklicht werden. Die Temperaturregelung wird dabei unwirksam, so daß die Stalllufttemperatur nicht mehr eingehalten werden kann, sie sinkt also unter den Aufgabenwert. Durch den Mindestförderstrom zur Einhaltung der oberen Grenze der Gaskonzentrationen wird dem Förderstrom eine weitere Beschränkung auferlegt. Die Feuchteregelelung wird praktisch nicht verwirklicht, weil der dazu erforderliche Geräteaufwand nur äußerst selten durch den dadurch entstehenden Nutzen aufgewogen wird. Zusätzliche Heizung ermöglicht, auch bei niedrigen Außenlufttemperaturen die vorgegebenen Stalllufttemperatur einzuhalten.

Stalllüftungsanlagen mit Außenluft als Förderstrom

Bei ihnen wird dem Stall Außenluft zugeführt und nach Aufnahme von Wärme, Feuchtigkeit und Stallgasen wieder abgeführt [2]. Bei diesen Anlagen steht nur eine freie veränderliche Größe zur Verfügung — der Förderstrom der Lüftungsanlage. Es kann deshalb immer nur eine Größe geregelt werden, die Temperatur oder die Feuchtigkeit der Stallluft. Überwiegend ist die Stalllufttemperatur die Regelgröße; der Förderstrom ist dabei der Stellvorgang (Stellgröße). Das Ändern des Förderstroms erfolgt durch Ein- und Ausschalten von Lüftern bzw. durch Ändern ihrer Drehzahl. Die Befehle dazu werden von automatischen Regel- oder Steueranlagen gegeben. Dabei sind Anlagen mit Zweipunkt-, Mehrpunkt- und stetigen Reglern bekannt.

Die einfachste Form ist die Zweipunktregelung. Hierbei wird die Temperatur im Stall mit einem Thermostaten gemessen, und je nachdem ob die Stalllufttemperatur unter oder über dem Sollwert liegt, werden die Lüfter ein- oder ausgeschaltet [3] [4]. Einige Lüfter laufen mitunter durchgehend (Grundstufe), sie fördern etwa den Mindestförderstrom. Um einen möglichst gleichmäßigen „Ein-Aus“-Rhythmus zu erreichen, werden Lüfter der Grundstufe wie auch von der Regelung zu schaltende Lüfter in Abhängigkeit von der Außenlufttempe-

* Mitteilung aus dem Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

ratur zu- oder abgeschaltet. Diese Schaltungen können dabei von Hand oder automatisch durch Außenluftthermostate erfolgen. Nachteil dieser Anlagen ist, daß ein häufiges Schalten der Lüfter erfolgt — mehrmals in einer Stunde. Die Schalthäufigkeit ist von der Größe der Förderstromänderung, der Außenlufttemperatur und dem Wärmespeichervermögen des Bauwerks abhängig. Je leichter das Bauwerk wird, um so kleiner ist sein Wärmespeichervermögen, eine größere Schalthäufigkeit durch die Regelung ist die Folge.

Eine Verminderung der Schalthäufigkeit kann durch den Einsatz von Zeitrelais erreicht werden. Hierbei wird ein vom Thermostat gegebener Schaltbefehl vom Zeitrelais über eine vorgegebene Zeit aufrechterhalten oder eine Pausenzeit eingeschaltet, nach deren Ablauf erst gegensinnige Befehle ausgeführt werden können. Nachteil dieser Regelungen ist es, daß dabei größere Temperaturschwankungen auftreten.

Eine weitere Möglichkeit zur Verminderung der Schalthäufigkeit eröffnen Zweipunktregler mit Hysterese. Bei ihnen erfolgt das Ein- und Ausschalten der Lüfter bei unterschiedlichen Temperaturen, z. B. Einschalten 18 °C — Ausschalten 14 °C. Auch hierbei ergeben sich größere Temperaturschwankungen.

Mehrpunktregler ermöglichen, den Förderstrom in mehreren Stufen zu ändern. Damit kann man die Stalllufttemperatur innerhalb zulässiger Grenzen bei einer geringen Schalthäufigkeit regeln. Bei diesen Anlagen läßt sich der Förderstrom durch Zu- und Abschalten von Lüftern bzw. durch Drehzahlumschaltung von Lüftern mit mehrdrehzahligen Motoren (z. B. polumschaltbare Motoren) ändern. Für die Regelung werden hierbei zwei Verfahren angewendet:

- a) Die einzelnen Förderstromstufen werden bei abgestuften Sollwerten der Stalllufttemperatur umgeschaltet. Weiterhin erfolgt das Ein- und Ausschalten einer Förderstromstufe bei um die tote Zone gespreizten Temperaturen. Mit diesem Verfahren ergibt sich eine proportional-ähnliche Regelung.
- b) Alle Förderstromstufen werden bei gleichen Stalllufttemperaturen geschaltet, zwei aufeinander folgende Schaltbefehle lassen sich aber erst nach Ablauf einer vorgegebenen Pausenzeit ausführen. Ein- und Ausschalten der Förderstromstufen erfolgt auch hier bei um die tote Zone gespreizten Temperaturen. Dieses Verfahren ergibt eine integral-ähnliche Regelung.

Über derartige Lüftungsanlagen und ihre Regelung wird ausführlich in [2] und [5] berichtet. Das Zu- und Abschalten der einzelnen Lüfter erfolgt dabei nach einem vorgegebenen Programm (Zuordnung der Lüfter zu den Förderstromstufen). Durch Umschalten der Programme ist eine Anpassung an die Belastung der Anlage möglich, z. B. an die unterschiedliche Belastung von Schweinemastställen mit periodischer Belegung. Die Programmumschaltung erfolgt dabei von Hand.

In Gemeinschaftsarbeit der Technischen Universität Dresden, Institut für ländliches Bauwesen, und des Instituts für Luft- und Kältetechnik, Dresden, erhielt ein Rinderstall für 96 Milchkühe eine Versuchslüftungsanlage mit automatischer Regelung vorgenannter Art. Um Versuche mit beiden Regelverfahren und verschiedenen Regelgeräten durchführen zu können, wurde die Lüftungsanlage mit mehreren verschiedenen Regelanlagen ausgerüstet. Die Versuche wurden während eines Zeitraums von über zwei Jahren, bei normaler Bewirtschaftung des Stalles, durchgeführt. Die Lüftungsanlage und die automatische Regelung haben sich dabei bewährt. Der Stallluftzustand wurde gut eingehalten. Die automatische Regelung gewährleistete einen fast bedienungslosen Betrieb der Lüftungsanlage. Über diese Versuche wird ausführlich in [6] [7] und auszugsweise in [8] berichtet.

Verschiedentlich werden auch Lüftungsanlagen mit Steuerung des Förderstroms eingesetzt. Bei diesen Anlagen wird der Förderstrom in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur gesteuert [2] [4]. Nachteil ist hierbei, daß andere Störungen als die Außenlufttemperatur, z. B. Änderungen der Tierbelegung oder der Wärmeabgabe der Tiere, Schwankungen des Förderstroms, Wärmespeicherung des Bauwerks u. a., nicht kompensiert werden können. Diesen Nachteil zeigten auch

die obengenannten Versuche [8]. So erstreckten sich z. B. Schaltungen für eine bestimmte Schaltfunktion über einen Außenlufttemperaturbereich von 10 bis 15 grad. Bei der außenlufttemperaturabhängigen Steuerung ist diese Schaltfunktion aber nur einer Außenlufttemperatur zugeordnet.

Eine Änderung des Förderstroms läßt sich ferner durch Motoren mit stetig veränderlicher Drehzahl erreichen. Hierbei wird die Temperatur im Stall gemessen und entsprechend der Abweichung vom Sollwert der Förderstrom automatisch eingestellt [9]. Mit diesen Anlagen kann die Stalllufttemperatur innerhalb enger Grenzen gehalten werden. Sie erfordern aber einen großen Geräteaufwand und beschränken die Größe der Lüftungsanlage durch die maximale Ausgangsleistung der Steuereinrichtung (Ausgangsverstärker). Bei

Stalllüftungsanlagen mit Mischluft

besteht der Förderstrom aus je einem Anteil Außenluft und Rückluft (aus dem Stall abgesaugte Luft). Der Rückluftstrom beeinflußt die Temperatur der Zuluft und hat damit Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse und das Temperatur- und Feuchteprofil im Stall. Den Wärme- und Feuchtehaushalt beeinflußt nur der Außenluftstrom.

Die Regelung des Stallluftzustands erfolgt durch Ändern des Außenluftstroms (Außenluftanteils) [10], das durch Stellen der Mischklappen bewirkt wird. Stellgröße ist dabei die Klappenstellung. Die Regelung erfolgt hierbei stetig. Sie unterscheidet sich nicht von der für Lüftungsanlagen für Industrie- oder Komfortzwecke verwendeten, auch werden die dort verwendeten Regelgeräte und Stellantriebe eingesetzt.

Luftheizanlagen

Bei niedrigen Außenlufttemperaturen kann mit Lüftungsanlagen der geforderte Stallluftzustand nicht eingehalten werden. Durch zusätzliche Heizung ist dieser Nachteil zu beseitigen [11] [12]. Aus ökonomischen Gründen wird angestrebt, den Heizbetrieb auf ein Minimum zu beschränken. Die Luftheizanlagen betreibt man deshalb im Übergangszeitraum und im Sommer wie Lüftungsanlagen. Die Regelung erfolgt dabei ebenfalls durch Ändern des Außenluftstroms. Bei tiefen Außenlufttemperaturen (Winterbetrieb) wird der Außenluftstrom nach der Feuchtigkeit bemessen und die Einhaltung der Temperatur durch die Heizung bewirkt. Dabei stehen zwei Stellvorgänge zur Verfügung — der Außenluftstrom und die Heizleistung. Man kann also die Temperatur und die Feuchtigkeit der Stallluft regeln. Praktisch wird jedoch nur die Regelung der Temperatur ausgeführt. Über den gesamten Arbeitsbereich der Regelung (Heizen und Lüften) arbeiten das Stellglied zur Änderung der Heizleistung (z. B. ein Ventil) und das Stellglied zur Änderung des Außenluftstroms (z. B. die Mischklappen) in Folge. Beide Stellglieder sind in den Ausgang ein und desselben Temperaturreglers geschaltet. Der Verzicht auf die Feuchteregelelung erfordert die Bemessung des Mindestförderstroms derart, daß die obere Grenze der relativen Stallluftfeuchtigkeit für alle Betriebsverhältnisse nicht überschritten wird. Mit einer zusätzlichen Feuchteregelelung kann die aufzuwendende Heizenergie zwar gesenkt werden, die damit erreichten Einsparungen wiegen jedoch nur in den seltensten Fällen die Kosten für die zusätzliche Regelung auf. Hinzu kommt, daß der zur Einhaltung der Gaskonzentration erforderliche Mindestförderstrom eine weitere Beschränkung auferlegt. Mitunter wird das Ändern des Außenluftstroms nicht mit in die Automatik einbezogen, sondern von Hand vorgenommen — besonders bei kleinen Anlagen.

Bei Luftheizanlagen mit Warmwasser als Wärmeträger besteht die Gefahr des Einfrierens des Wassers im Wärmeübertrager, wenn Störungen im Warmwasserkreis auftreten. Bei diesen Anlagen werden deshalb zur Überwachung automatische Frostschutzsicherungen eingesetzt. Dabei wird entweder die Lufttemperatur oder die Wassertemperatur hinter dem

Wärmeübertrager gemessen. Unterschreitet die gemessene Temperatur einen vorgegebenen Wert, so werden die Lüfter abgeschaltet und Warnsignale gegeben.

Zusammenfassung

Über die Verfahren und Arbeitsbereiche der Regelung von Lüftungs- und Luftheizanlagen in Ställen wurde ein Überblick gegeben, ferner wird die Arbeitsweise z. Z. verwendeter Regelanlagen dargestellt. Die Entwicklung der Automatisierung von Stalllüftungsanlagen ist aber bei weitem noch nicht abgeschlossen. Die Lüftung der Ställe im Sommer und die Entwicklungsrichtung Großställe mit 1000 und mehr Großvieheinheiten in einer Stalleinheit stellen ihre eigenen Forderungen an die Lüftungsanlagen, mitunter bedingen sie sogar eine Klimatisierung. Damit verbunden ergeben sich auch weitere Anforderungen an die Automatisierungseinrichtungen für Ställe.

Literatur

[1] KLINK G. / CH. SCHMIDT / W. GÜNZEL: Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter, Berechnungsgrundlagen. Deutsche Bauinformation, DBE 1068, Berlin 1966
 [2] SCHMIDT, CH. / W. GROSSMANN: Projektierung von Lüftungsanlagen in Rinder- und Schweinemastställen. Deutsche Bauinformation, DBE 1068, Berlin 1966

[3] KUNKEL, E.: Anordnung für eine Stallentlüftung. Auslegeschrift 1 186 999 der BRD
 [4] KAMPMANN, H.: Stallentlüftungsanlage mit Regeleinrichtung. Auslegeschrift 1 222 225 der BRD
 [5] GROSSMANN, W.: Anlage zur Belüftung von Ställen. Patentschrift 62 425 der DDR
 [6] GROSSMANN, W. / CH. SCHMIDT / S. BRÜLLKE: Bericht über die Untersuchung einer Versuchslüftungsanlage mit Abluftventilatoren und automatischer Regelung in einem Stall für 94 Milchkühe — Versuchszeitraum 1. Jan. 1966 bis 30. Juni 1967. Unveröffentlichte Arbeit
 [7] GROSSMANN, W. / CH. SCHMIDT / S. BRÜLLKE: Ergänzung zu 6 — Versuchszeitraum 1. Okt. 1967 bis 31. März 1968. Unveröffentlichte Arbeit
 [8] GROSSMANN, W. / CH. SCHMIDT / S. BRÜLLKE / K. KAISER: Versuchslüftungsanlage mit Abluftventilatoren und automatischer Regelung — Untersuchung in einem Rinderstall. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Landwirtschaftsbau, Heft 6, Berlin 1968
 [9] —: Automatischer Lüftungsregler. Werkschrift des VEB Weicon Weida, Weida 1968
 [10] GROSSMANN, W. / G. LANGLOTZ / A. STANGEL / CH. SCHMIDT / S. BRÜLLKE: Lüftungsanlagen mit Zuluft- und Abluftventilatoren für Rinder- und Schweinemastställe — Projektierungsgrundsätze. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Landwirtschaftsbau, Heft 6, Berlin 1968
 [11] KLINK, G. / C. SCHUBERT / E.-M. BERKE / W. POMPLUN: Lüftungsanlagen mit Heizung in Stallbauten. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Landwirtschaftsbau, Heft 4, Berlin 1968
 [12] SCHMIDT, CH.: Der Einfluß baulicher Maßnahmen auf den Wärmehaushalt von Abferkelställen im Winter. Dissertation an der Technischen Universität Dresden, Fakultät für Bauwesen, Dresden 1968 A 7401

Fernsteuerung für den Traktor¹

Bei der Prüfung von Traktoren und Landmaschinen unter den in Gebirgslagen herrschenden Bedingungen ergeben sich sehr oft gefährliche Situationen. Namentlich bei der Prüfung der dynamischen Stabilität von Anhäng- oder Anbaugeräten am Traktor besteht — vor allem infolge Umkippens der Traktoren — erhöhte Unfallgefahr. Die gegenwärtig verwendeten Schutzrahmen bieten den Fahrern keine unbedingte Sicherheit.

Mitarbeiter der Staatlichen Prüfstelle für Landmaschinen der CSSR entwickelten deshalb eine Fernsteueranlage für den Traktor; der Fahrer bewegt sich in diesem Falle in sicherer Entfernung vom Traktor und ist keinerlei Gefahren ausgesetzt.

Von den Forderungen des Arbeitsschutzes ausgehend, baute man eine Anlage nach dem elektrohydraulischen Prinzip, mit deren Hilfe folgende Elemente bzw. Funktionen des Traktors gesteuert werden können:

- Lenkung,
- Aus- und Einkuppeln,
- Regelung der Motordrehzahl durch Einwirkung auf die Kraftstoffpumpe (Gaspedal).

Die Steueranlage DOL-1 besteht aus dem Arbeitskreis und dem eigentlichen Steuerkreis. Der Arbeitskreis wirkt hydraulisch, der Steuerkreis elektrisch. Die einzelnen Steuerelemente des Traktors sind mit Hydraulikzylindern ausgerüstet, deren Bewegung die sonst erforderliche Tätigkeit des Fahrers ersetzt. Das Drucköl wird über ein Verteilersystem von der Hydraulikpumpe des Traktors aus in die Zylinder gebracht. An die Verteiler sind Elektromagnete angeschlossen, die die Bewegung der Schieber steuern (Bild 1). Die Stromzuführung zu den Elektromagneten wird durch Druckknöpfe auf der zur

Dipl.-Ing. I. VANEK, Prag/CSSR

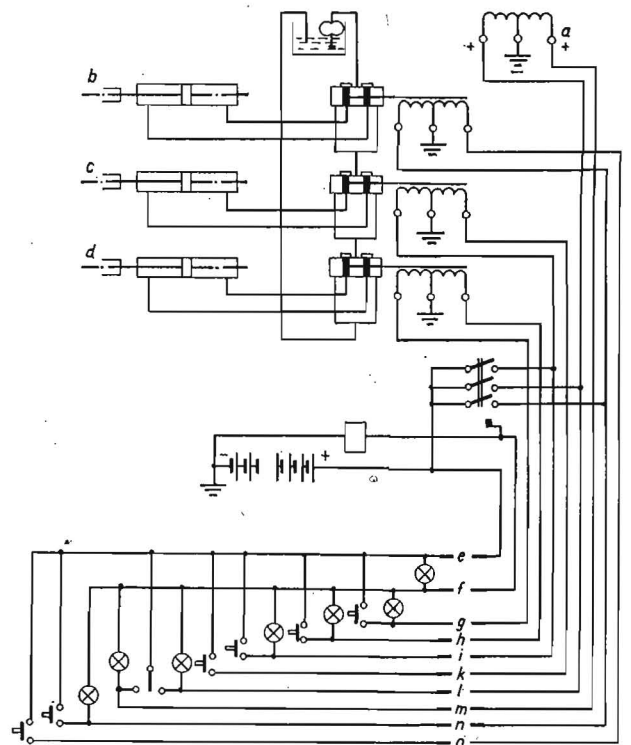


Bild 1. Schaltschema des Arbeits- und Steuerkreises der Anlage DOL-1. a Gas, b Bremse, c Kupplung, d Lenkung; Ausgänge aus den Schaltkästen: e Pluspol, f Minuspol, g Lenkung links, h Lenkung rechts, i Auskuppeln, k Einkuppeln, l Wegnehmen des Gases, m Gasgeben, n Bremsen, o Lösen der Bremse

¹ Übersetzer: E. MARTIN