

## **Ortlinghaus-Lamellen, Kupplungen und Bremsen**

Aufbau und Wirkungsweise	1.03.00
Die Original Ortlinghaus-Sinuslamelle®	1.03.00
Die Reibwerkstoffe der Lamellen	1.04.00
Das Reibungsverhalten	1.04.00
Das Verschleißverhalten	1.06.00
Das Wärmeverhalten	1.07.00
Einsatz der verschiedenen Reibpaarungen	1.08.00
Die Betätigungsarten	1.09.00
Schaltzeit und Schaltgenauigkeit	1.09.00

## **Größenbestimmung von Kupplungen und Bremsen, Berechnungen**

Die verschiedenen in der Rechnung zu berücksichtigenden Momente	1.10.00
Das dynamische Trägheitsmoment	1.11.00
Trägheitsmomente	1.12.00
Zeiten für schließende Reibungskupplungen	1.13.00
Zeiten für öffnende Reibungskupplungen	1.13.00
Reibarbeit und Wärmebelastung	1.13.00
Berechnung der Wärmebelastung	1.14.00
Wärmekennwerte	1.14.00
Auslegung der Kupplung	1.14.00
Erforderliches Drehmoment	1.14.00
Berechnung von Kupplungen und Bremsen bei Kurbeltrieben	1.16.00

## **Schmierung und Kühlung von Kupplungen und Bremsen**

Oberflächengestaltung der Lamellen	1.18.00
Lagerschmierung bei trockenlaufenden Lamellenkupplungen und -bremsen	1.18.00
Ölempfehlung für Lamellenkupplungen und -bremsen	1.19.00

## **Einbauhinweise und Passungen**

Allgemeine Einbauhinweise für Ortlinghaus-Kupplungen und Bremsen	1.20.00
Einbau-Passungen und Gehäuseformen der Ortlinghaus-Kupplungen und Bremsen	1.20.00
Passungen, Bohrungen und Nuten	1.21.00

Technische Änderungen vorbehalten.

Auszüge und Abschnitte zur weiteren Veröffentlichung bedürfen unserer Genehmigung.

## Ortlinghaus-Lamellen, Kupplungen und Bremsen

Ortlinghaus-Produkte sind in der industriellen Antriebstechnik überall dort im Einsatz, wo die kontrollierte Übertragung und Schaltbarkeit von Drehmomenten und Antriebsleistungen gefordert werden. Beispiele sind Werkzeug- und Baumaschinen, Schiffsantriebe, Fahrzeuge, Schwermaschinen und Getriebe sowie Textil- und Papiermaschinen.

Die umfangreiche Produktpalette der TECHNIK DER KONTROLLIERTEN MOMENTE bietet ausgereifte, vielfach spezielle Lösungen, die ein Optimum an Verfügbarkeit und Sicherheit der Maschinen und Anlagen gewährleisten.

Für die Auswahl, Größenbestimmung und Leistungsberechnung der geeigneten Kupplung/Bremse, insbesondere bei Neukonstruktionen, stehen Ihnen unserer Fachingenieure gerne für eine Beratung zur Verfügung. Auf diese Weise profitieren Sie unmittelbar von der jahrzehntelangen Erfahrung aus zahlreichen Einsatzfällen. Damit diese Beratung für Sie so effektiv wie möglich erfolgt, haben wir Fragebogen für die einzelnen Produktgruppen vorbereitet, mit deren Hilfe Sie die Rahmenbedingungen für Ihren Einsatzfall beschreiben können. Wir empfehlen, diese Fragebogen bei Anfragen auszufüllen.

Die folgenden Beiträge geben einen Überblick über wichtige Eigenschaften unserer Reibwerkstoffe, über die Größenbestimmung sowie die Schmierung und Kühlung von Kupplungen und Bremsen und allgemeine Einbauhinweise.

### Benennungen, Formelzeichen und Einheiten

Wenn nicht anders angegeben, werden in diesem Katalog die Benennungen, Formelzeichen und Einheiten nach der VDI-Richtlinie 2241 bzw. nach DIN 740 Bl.2 verwendet.

### Aufbau und Wirkungsweise

Außenverzahnte bzw. innenverzahnte Reiblamellen sind abwechselnd geschichtet, im Gehäuse (Außenmitnehmer) bzw. auf dem Träger (Innenmitnehmer) drehfest, aber axial verschiebbar geführt.

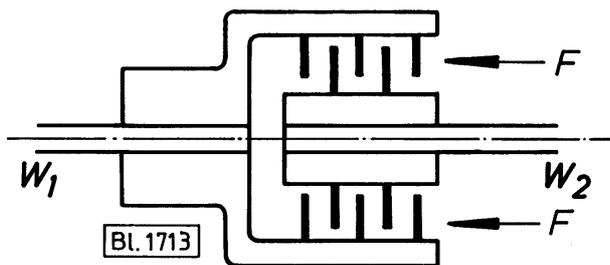


Abb. 1

Zur reibschlüssigen Übertragung des Drehmoments von Wellenstrang  $W_1$  auf Wellenstrang  $W_2$  wird dieses Lamellenpaket axial verspannt (Abb. 1). Die hierzu erforderliche Anpresskraft  $F$  wird je nach Kupplungsart

- mechanisch
- elektromagnetisch
- hydraulisch oder
- pneumatisch

erzeugt.

### Die Original-Ortlinghaus-Sinuslamelle®

Ein besonderer Vorzug der Ortlinghaus-Lamellenkupplungen und -bremsen ist die Verwendung der seit Jahrzehnten bewährten Sinuslamelle.

Das Charakteristikum der Lamelle liegt darin, daß sie in Umfangsrichtung sinus, d. h. wellenförmig gebogen ist und somit eine Federwirkung hat (Abb. 2).

Die Sinuslamelle bewirkt ein sanftes Einschalten der Kupplung. Während des Schaltvorganges erfolgt eine stetige Vergrößerung der Reibflächen und ein Abflachen der Sinuskurve bis zur Planfläche. Im vollgeschalteten Zustand wirkt die Sinuslamelle als Planlamelle.

Ebenso bewirkt die Eigenfederung der Sinuslamelle durch die Trennung des Lamellenpaketes ein sicheres Auskuppeln. Aufgrund der Sinusform besteht dann nur eine Linienberührung zwischen den Lamellen, so daß sich ein günstiges Leerlaufverhalten einstellt. Es darf an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Welt-Patente der Ortlinghaus-Werke auf dem Gebiet der federnden Lamelle Pionierleistungen waren und daß das Warenzeichen "Sinus®" zu einem festen Begriff in der Antriebstechnik geworden ist.

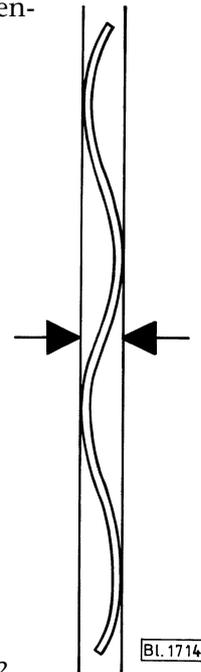


Abb. 2

## Die Reibwerkstoffe der Lamellen

Für naß- und trockenlaufende Kupplungen und Bremsen stehen jeweils verschiedene spezielle Reibwerkstoffe zur Verfügung. Die Reibwerkstoffe stellen den wichtigsten Teil der Reibpaarungen dar, die zusätzlich aus der Gegenreibfläche und - bei Naßlauf - aus dem Schmierstoff bestehen. Das System Reibpaarung beeinflusst das Schaltverhalten, die zulässige Wärmebelastung, das Verschleißverhalten und damit die Größe von Kupplung und Bremse. Erst die Kenntnis dieser wesentlichen Eigenschaften ermöglicht die Wahl der richtigen Reibpaarung für den gegebenen Einsatzfall und damit die gewünschte Arbeitsweise und Lebensdauer der Kupplung oder Bremse.

Im Hinblick auf die anwendungsorientierte Auswahl von Reibpaarungen werden im folgenden Text charakteristische Eigenschaften sowie die Haupteinsatzgebiete unserer seit vielen Jahren bewährten Standardausführungen von Reibpaarungen Stahl/Stahl, Stahl/Sinterbelag und Stahl bzw. Guß/organischer Reibbelag erläutert.

Für spezielle Anforderungen hinsichtlich besonderer Drehmomentverläufe, statischer Drehmomente oder Schmierstoffauswahl bitten wir um Rückfrage. In diesen Fällen stehen weitere, spezielle Reibwerkstoffe, wie z.B. Lamellen mit Molybdän-Beschichtung, zur Verfügung.

## Das Reibungsverhalten

Der Reibungszahlverlauf während einer Schaltung sowie die statische Reibungszahl  $\mu_0$  bei Drehmomentübertragung hängen von folgenden Faktoren ab:

- Materialpaarung an Reibflächen
- Konstruktive Ausbildung der Reibflächen, wie z.B. Nuten oder Rillen
- Oberflächenstruktur, wie z.B. Gleitfinish
- Reibflächendruck
- Gleitgeschwindigkeit
- Temperaturniveau und Spitztemperatur an Reibpartnern
- Trocken- oder Naßlauf, wie z.B. Schmierverhältnisse, Kühlölführung

Auf den Abbildungen 3 bis 6 (Seite 1.05.00 und 1.06.00) sind charakteristische Abhängigkeiten des Reibungsverhaltens unserer Standard-Reibpaarungen dargestellt.

## Trockenlaufende Kupplungen und Bremsen

Der Reibungszustand ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Festkörperreibung bestimmt. Im Vergleich zu Naßlauf herrscht hohes Reibungszahlniveau vor. Die Haftreibungszahl  $\mu_0$  ist im allgemeinen größer als die Gleitreibungszahl  $\mu$ . Die Reibpaarung ist prinzipiell verschleißbehaftet. Deshalb wird die Lebensdauer einer Kupplung oder Bremse durch die Verschleißigenschaften von Reibbelag und Gegenreibfläche bestimmt. Da der Verschleiß ab einer bestimmten Temperatur überproportional steigt, stützen sich Auslegung und Nachrechnung im besonderen auf Betrachtungen zum Wärmeverhalten.

## Naßlaufende Kupplungen und Bremsen

Der Schmierungsprozeß im Reibkontakt naßlaufender Kupplungen und Bremsen findet, bedingt durch die Eigenschaften der Reibwerkstoffe, im Gebiet der Misch- und Grenzreibung statt. Die Oberflächenrauheiten der Reibpartner greifen dabei ineinander. Deren unmittelbare Berührung wird jedoch durch wenige Lagen von Ölmolekülen verhindert, da die Bindungskräfte zwischen den Ölmolekülen und den Reibflächen größer als die Scherkräfte aus der Gleitbewegung sind. Diese Bindungskräfte werden im besonderen durch die Wechselwirkungen zwischen den Reibflächen und den Schmierstoff-Additiven, deren Wirksamkeit bei Temperatur und Druck entfaltet wird, beeinflusst.

Die Vorteile naßlaufender Lamellenkupplungen und -bremsen sind daher in der Verschleißfreiheit (nach Einlauf) sowie in der wesentlich besseren Abführung der Schalthwärme durch die kühlende Wirkung des Öls (Innenölung) begründet. Insbesondere bei geforderter hoher Schaltheufigkeit kann gegenüber Trockenlauf eine größere Reibarbeit je Schaltung zugelassen werden. Weiterhin sind Anwendungen mit Dauerrutschen möglich und auch bis zu beträchtlicher Wärmeleistung thermisch beherrschbar.

Als weiterer Vorteil gilt die Beeinflussbarkeit des Reibungszahlverlaufs während der Schaltung durch Werkstoff, Struktur und Profilierung der Reiboberflächen in Verbindung mit Art und Menge des verwendeten Öl's. Technisch bedeutend ist der Drehmomentverlauf bei Beginn und Ende der Synchronisation, wodurch z.B. schnelles Einschalten oder möglichst geringe Dynamikanregung (Festigkeit, Geräusche) von Antriebssträngen und

## Reibpaarung Stahl/Stahl

Für diese bewährte Reibpaarung wird ein durchgehärteter und hochverschleißfester Sonderlamellenstahl verwendet. Diese Reibpaarung ist nur für Naßlauf geeignet. Hierfür sind die Innenlamellen wellenförmig ausgebildet: die Original- Ortlinghaus-Sinuslamellen®.

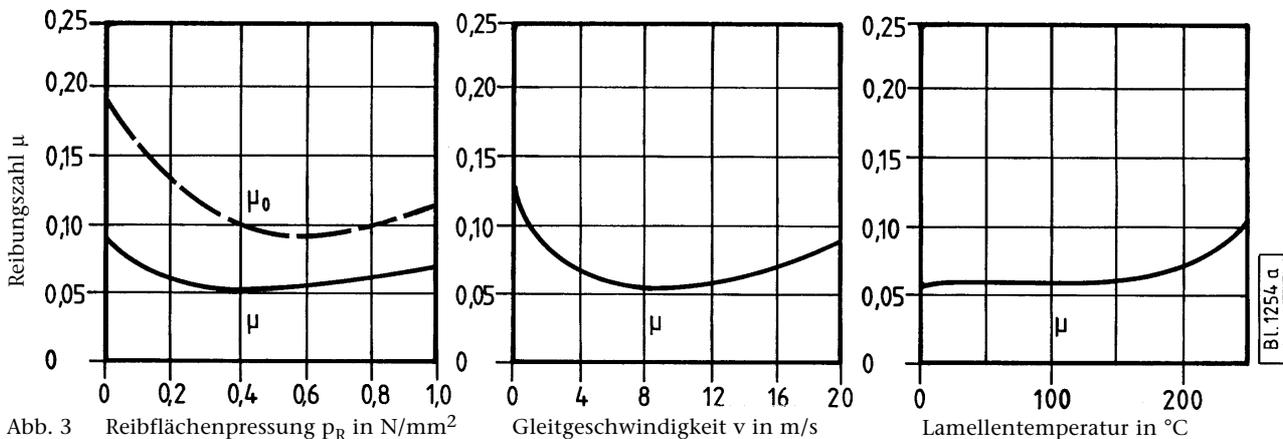
Das Verhältnis zwischen statischer und dynamischer Reibungszahl beträgt:

$$\frac{\mu_0}{\mu} = 1,8 \dots 2$$

Dadurch bedingt ist das Schaltverhalten von Lamellenkupplungen mit dieser Reibpaarung, ins-

besondere wenn sie nicht manuell betätigt werden, durch deutlich steigenden Verlauf des Reibmoments während des Einschaltens gekennzeichnet. Im Synchronisationspunkt kann ein unerwünschter Beschleunigungsstoß der Massen auftreten.

Bei dynamischen Schaltvorgängen sollten die Reibflächenpressung  $p_R = 0,5 \text{ N/mm}^2$  und die Gleitgeschwindigkeit  $v_R = 20 \text{ m/s}$  nicht überschreiten. Die große Differenz zwischen statischer Reibungszahl oder Haftreibungszahl  $\mu_0$  ( $v = 0$ ) und dynamischer Reibungszahl oder Gleitreibungszahl  $\mu$  ist zu beachten.



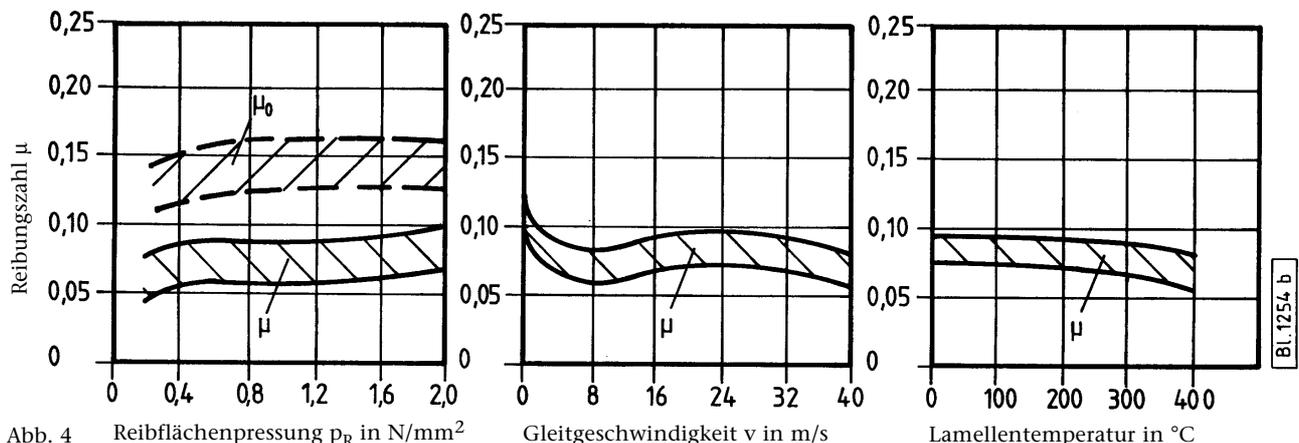
## Reibpaarung Stahl/Sinterbelag

Die stetige Weiterentwicklung in der Pulvermetallurgie läßt eine spezielle Ausrichtung des Reibwerkstoffes auf bestimmte Einsatzfälle zu. Steigende Anforderungen in bezug auf Wärmebelastbarkeit, Reibungszahlkonstanz, Reibflächenpressung, Gleitgeschwindigkeit und Verschleiß werden mit den neuen Sinterqualitäten erfüllt.

### NASSLAUF

Bei dieser Reibpaarung steigt die Reibungszahl von Beginn des Beschleunigungsvorganges bis

zur Drehzahlgleichheit der treibenden und getriebenen Teile in Abhängigkeit von dem verwendeten Öl nahezu gleichmäßig an, so daß hierdurch eine flache und gleichmäßige Beschleunigungskurve, d. h. ein weiches Schalten der zu beschleunigenden Massen, erreicht wird. Reibflächenpressung und Gleitgeschwindigkeit können hoch gewählt werden ( $p_R$  bis  $4 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_R$  bis  $40 \text{ m/s}$ ). Hieraus ergeben sich kleine Abmessungen der Kupplungen und Bremsen.



## TROCKENLAUF

Das Verhältnis der Haftreibungszahl zur Gleitreibungszahl beträgt:

$$\frac{\mu_0}{\mu} = 1,2 \dots 1,3$$

Die Gleitgeschwindigkeit und die Reibungszahl müssen kleiner gewählt werden als im Naßlauf ( $p_R$  bis  $2 \text{ N/mm}^2$ ,  $v_R$  bis  $25 \text{ m/s}$ ).

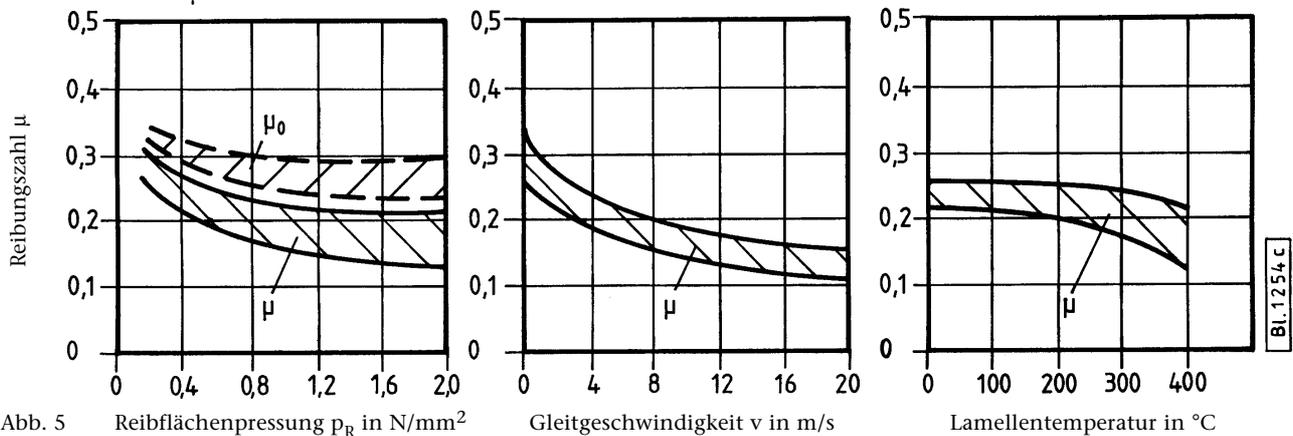


Abb. 5 Reibflächenpressure  $p_R$  in  $\text{N/mm}^2$

Gleitgeschwindigkeit  $v$  in  $\text{m/s}$

Lamellentemperatur in  $^\circ\text{C}$

## Reibpaarung Stahl bzw. Guß/organischer Reibbelag

Bei dieser Trockenlauf-Reibpaarung wird der Reibbelag in Segmentform oder als Ring auf den Grundkörper geklebt bzw. genietet. Der Vorteil dieser Reibpaarung liegt in der hohen Reibungszahl

und in dem günstigen Verhältnis von  $\mu_0$  zu  $\mu$  bei  $p_R$  bis  $1 \text{ N/mm}^2$  und  $v_R$  bis  $20 \text{ m/s}$ :

$$\frac{\mu_0}{\mu} = 1,0 \dots 1,3$$

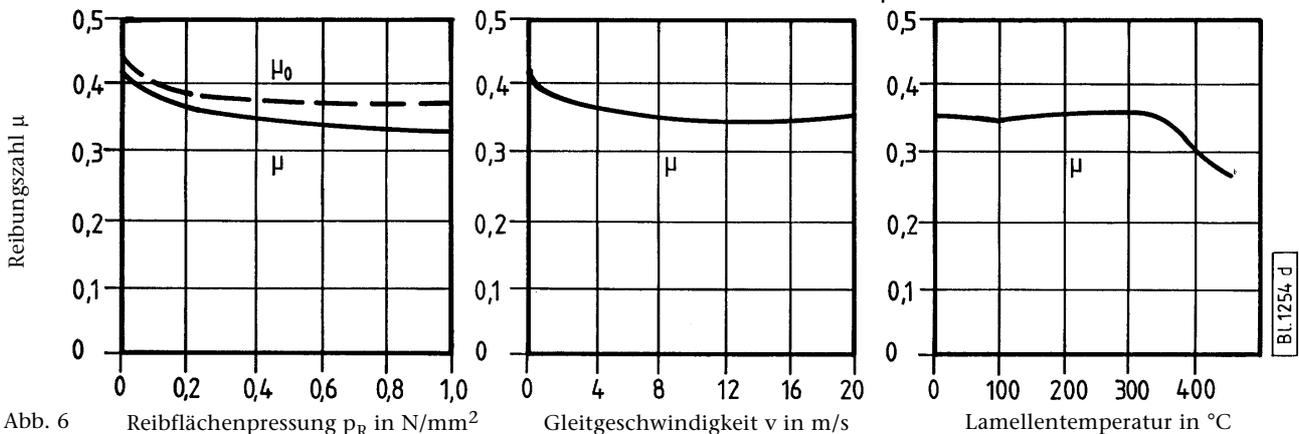


Abb. 6 Reibflächenpressure  $p_R$  in  $\text{N/mm}^2$

Gleitgeschwindigkeit  $v$  in  $\text{m/s}$

Lamellentemperatur in  $^\circ\text{C}$

## Das Verschleißverhalten

Der Lamellenverschleiß hängt von der Schaltarbeit, vom verwendeten Reibwerkstoff sowie von der Beschaffenheit der Gegenlamelle ab. Er bleibt gering, wenn die durch den Wärmestoß bei jedem Schaltvorgang entstehende Temperatur zulässige Grenzen nicht übersteigt.

Einen verschleißmindernden Einfluß hat Öl als Kühlmittel. Hierzu ist das Kühlöl so nahe wie möglich an die Reibfläche heranzubringen, am wirkungsvollsten durch Innenölung. Eine besondere Oberflächengestaltung durch Spiralrillen, Radialnuten, Waffelnuten usw. bewirkt eine zweckmäßige Ölführung und gesicherte Abführung der Schaltwärme.

Naßlaufende Kupplungen und Bremsen arbeiten im allgemeinen nahezu verschleißfrei, wogegen

bei trockenlaufenden lediglich durch konstruktive Maßnahmen (wie Gestaltung, Einbauverhältnisse oder Fremdbelüftung) eine gute Wärmeableitung geschaffen und damit einem erhöhten Verschleiß entgegengewirkt werden kann.

## Reibpaarung Stahl/Stahl

Kann das Öl die örtlich auftretenden Temperaturspitzen niedrig genug halten, bleibt der Verschleiß gering. Überschreitet jedoch die zugeführte Wärmemenge den zulässigen spezifischen Belastungswert (pro Schaltung oder pro Stunde), steigt der Verschleiß stark an. Es kommt zum "Fressen" und damit zur Zerstörung der Reibflächen (Übergang von Mischreibung in Festkörperreibung).

## Reibpaarung Stahl/Sinterbelag

Sinterbelag steht in verschiedenen Qualitäten zur Verfügung, die sich je nach Zusammensetzung für Trocken- oder Naßlauf eignen.

Bei Naßlauf ist wichtig, daß sich die Poren des Sinter-Reibwerkstoffes nicht durch die bei hohen Reibflächentemperaturen auftretende Ölkohle zusetzen, da hierdurch die Reibungszahl und die Wärmebelastbarkeit stark abfallen. Dem kann durch besondere Profilierung der Reibflächen und genügende Frischölaufuhr entgegenwirkt werden. Einem regelmäßigen Ölwechsel kommt eine besondere Bedeutung zu. Bei Beachtung dieser Punkte ist ein äußerst geringer Verschleiß gewährleistet.

Bei Trockenlauf ist der Verschleiß höher als bei Naßlauf. Die Notlaufefigenschaften des Sinter-Reibwerkstoffes bedingen die Verschleißcharakteristik. Für eine gute Wärmeableitung ist Sorge zu tragen.

## Reibpaarung Stahl bzw. Guß/organischer Reibbelag

Bei dieser trockenlaufenden Reibpaarung bleibt der Verschleiß bis zu einer Temperatur der Gegenlamelle von etwa 150 °C gering. Oberhalb dieser Temperatur steigt die Verschleißkurve stark an. Die kritische Lamellentemperatur, bei der die Zerstörung des Reibbelags beginnt, liegt bei etwa 300 °C.

## Das Wärmeverhalten

Die Wärmebelastung einer Reibkupplung oder -bremse wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Reibarbeit pro Schaltung
- Anzahl der Schaltungen
- Ruhepausen zwischen den Schaltungen
- Zeitdauer des Kupplungs- oder Bremsvorganges
- Wärmeableitung an Kupplung oder Bremse

Die Reibarbeit läßt sich in bekannter Weise aus der Größe der zu beschleunigenden Massen und der Drehzahldifferenz zwischen treibendem und getriebenem Maschinenteil unter Berücksichtigung der Lastmomente errechnen. Um die durch den Schaltvorgang in Wärme umgesetzte Energie möglichst gering zu halten, müssen die zu beschleunigenden Massen der Maschine klein gehalten werden. Je nach Einbaufall ist die geeignete Stelle des Kupplungseinbaus zu überprüfen. So kann z. B. bei einer Presse die Kupplung auf der Exzenterwelle oder vor dem Vorgelege eingebaut werden.

Der **Wärmeableitung** kommt große Bedeutung zu. Für Antriebe mit großer Beschleunigungsarbeit werden vielfach pneumatisch betätigte Einscheibenkupplungen mit großer wärmeabstrahlender Fläche, die mit einer Anzahl von Kühlrippen versehen ist, eingeplant. Der Übergang der Wärme von der Kupplung an die Umgebungsluft wird durch die ventilierende Wirkung der Kühlrippen in Abhängigkeit von der Drehzahl stark begünstigt.

Sind Lamellenkupplungen in Getrieben eingebaut, so kann durch eine Durchflutung des Lamellenpaketes mittels Kühlöl die entstehende Reibungswärme abgeleitet werden. Hierbei ist zu prüfen, ob die Oberfläche des Getriebes ausreicht, die Wärme an die umgebende Luft weiterzugeben. Sollte das nicht der Fall sein, ist ein Ölkühler erforderlich.

Folgende Richtwerte über Reibungszahlen und die zu beachtenden Wärmegrenzwerte sind der **VDI-Richtlinie 2241** entnommen:

Reibpaarungen		Naßlauf				Trockenlauf		
		Sinterbronze/ Stahl	Sinter-eisen/ Stahl	Papier/ Stahl	Stahl, gehärtet/ Stahl, gehärtet	Sinterbronze/ Stahl	Organische Beläge/ Grauguß	Stahl, nitriert/ Stahl, nitriert
Reibungszahlen	Gleitreibungszahl $\mu$	0,05 bis 0,1	0,07 bis 0,1	0,1 bis 0,12	0,05 bis 0,08	0,15 bis 0,3	0,3 bis 0,4	0,3 bis 0,4
	Haftreibungszahl $\mu_0$	0,12 bis 0,14	0,1 bis 0,14	0,08 bis 0,1	0,08 bis 0,12	0,2 bis 0,4	0,3 bis 0,5	0,4 bis 0,6
	Verhältnis $\mu_0 / \mu$	1,4 bis 2	1,2 bis 1,5	0,8 bis 1	1,4 bis 1,6	1,25 bis 1,6	1,0 bis 1,3	1,2 bis 1,5
Technische Daten (Richtwerte *)	max. Gleitgeschwindigkeit $v_R$ [ m/s ]	40	20	30	20	25	40	25
	max. Reibpressung $p_R$ [ N/mm <sup>2</sup> ]	4	4	2	0,5	2	1	0,5
	zulässige flächenbezogene Schaltarbeit bei einmaliger Schaltung $q_{AE}$ [ J/mm <sup>2</sup> ]	1 bis 2	0,5 bis 1	0,8 bis 1,5	0,3 bis 0,5	1 bis 1,5	2 bis 4	0,5 bis 1
	zulässige flächenbezogene Reibleistung $\dot{q}_{Ao}$ [ W/mm <sup>2</sup> ] (vgl. VDI 2241, Bl.1, Abschn. 3.2.2)	1,5 bis 2,5	0,7 bis 1,2	1 bis 2	0,4 bis 0,8	1,5 bis 2	3 bis 6	1 bis 2
Schmiermittel	flächenbezogener Kühlstrom $\dot{V}_A$ [ $\frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^2 \cdot \text{s}}$ ]	0,1 bis 2	0,1 bis 1	0,1 bis 2	0,1 bis 0,5			
	unlegierte und schwachlegierte Öle	X	X	X	X			
	starklegierte Öle	-	X	X	X			

\*)Diese Richtwerte sind stark voneinander abhängig und können je nach Einsatzbedingungen erheblich überschritten, jedoch auch eingeeengt werden.

Ein weiterer **Wärmekennwert** einer Lamellenkupplung, die zulässige Wärmebelastbarkeit **pro Stunde**  $q_{zul}$  in  $J/mm^2/h$ , setzt allgemein voraus, daß die Reibarbeit in etwa gleichmäßigen Abständen in annähernd gleicher Größe auftritt. Während eines Schaltvorganges treten hohe Spitzentemperaturen auf, wenn in kürzester Zeit eine große Energiemenge in Wärme umgesetzt wird. Der jeweils zulässige Temperaturgrenzwert muß beachtet werden.

Für einige Reibpaarungen werden nachstehend die Richtwerte für die **stündliche** Wärmebelastbarkeit angegeben.

### Reibpaarung Stahl/Stahl

Die zulässige Wärmebelastbarkeit **pro Stunde** ist stark abhängig von Art und Menge des Kühlmittels, wobei die Reibflächentemperatur 200 bis 250 °C nicht überschreiten darf.

Bei Tauchschmierung:  $q_{zul} = 13 - 17 J/mm^2/h$

Bei Innenölung:  $q_{zul} = 17 - 21 J/mm^2/h$

### Reibpaarung Stahl/Sinterbelag

Die Sinterlamelle besitzt eine gute Wärmeleitfähigkeit und widersteht Temperaturspitzen von etwa 500 bis 600 °C, ohne daß mit einem Verschweißen der Lamellenoberflächen bzw. bei in Ölnebel laufenden Kupplungen mit einem erhöhten Verschleiß gerechnet werden muß.

Zulässige Wärmebelastbarkeit pro Stunde:

Für Trockenlauf:  $q_{zul} = 20 J/mm^2/h$

Für Naßlauf:  $q_{zul} = 150 - 300 J/mm^2/h$   
(bei Innenölung)

(Informationsschrift auf Anfrage)

### Reibpaarung Stahl bzw. Guß/organischer Reibbelag

Organische Reibbeläge eignen sich für Temperaturen bis 300 °C. Kurzzeitig höherliegende Spitzentemperaturen sind zulässig, setzen jedoch den Verschleiß stark herauf.

Zulässige Wärmebelastung pro Stunde:

Für Einscheibenkupplungen  
mit Guß/organischer Belag:  $q_{zul} = 100 J/mm^2/h$

Für Lamellenkupplungen  
mit Stahl/organischer Belag:  $q_{zul} = 15 J/mm^2/h$

### Einsatz der verschiedenen Reibpaarungen

#### Reibpaarung Stahl/Stahl

Sie ist in durchfluteten, elektromagnetisch betätigten Lamellenkupplungen nicht zu ersetzen. In allen übrigen Kupplungen kann diese preisgünstige Reibpaarung mit Erfolg eingesetzt werden, wenn es sich um Schaltkupplungen mit geringer Schalthäufigkeit und Wärmebelastung bzw. um Haltekupplungen mit hohem übertragbarem Drehmoment handelt.

#### Reibpaarung Stahl/Sinterbelag

Diese vorwiegend im Naßlauf eingesetzte Reibpaarung wird bei hoher Wärmebelastung sowie hoher Gleitgeschwindigkeit und hohem Reibflächendruck angewendet. Auf eine ausreichende Kühlung, möglichst durch Innenölung, ist zu achten.

#### Reibpaarung Stahl bzw. Guß/organischer Reibbelag

Diese ausschließlich für den Trockenlauf bestimmte Reibpaarung wird vorzugsweise bei freiliegendem Einbau der Kupplungen bzw. Bremsen eingesetzt. Die hohe Reibungszahl führt zu einer kompakten Bauweise der Einheit. Allerdings müssen die Reibflächen von Schmiermitteln freigehalten werden.

## Die Betätigungsarten

Die für einen bestimmten Bedarfsfall günstigste Betätigungsart ist abhängig von

- den an der Maschine oder am Aufstellungsort vorhandenen Steuermedien,
- der gewünschten Schaltcharakteristik,
- der erforderlichen Schaltzeit und Schaltgenauigkeit,
- der Möglichkeit einer Fern- oder Programmsteuerung.

Mechanisch geschaltete Kupplungen erfordern eine außerhalb der Kupplung erzeugte Schaltkraft, die auf konventionelle Weise eingeleitet wird. Handschaltung bietet den Vorteil feinfühler Betätigung (Handkraft 100 bis 150 N). Wird die Schaltkraft pneumatisch, hydraulisch oder magnetisch erzeugt, besteht die Möglichkeit, auch die mechanisch geschaltete Kupplung in einen automatischen Ablauf einzubeziehen.

Bei Pressen, Scheren und sonstigen Werkzeugmaschinen, Schiffsantrieben, Erdölbohranlagen, schweren Baumaschinen, wie auch bei schweren Walzwerkantrieben ist fast immer Druckluft vorhanden oder leicht zu erzeugen. Hierbei finden sehr oft pneumatisch betätigte Lamellenkupplungen Verwendung. Mit Hilfe von Spezialventilen ist es einerseits möglich, sehr kurze Schaltzeiten zu erreichen, wie dies z. B. im Pressenbau erforderlich ist, andererseits durch Feinregelventile große Massen langsam und feinfühlig zu beschleunigen.

Für nicht stationäre Antriebe, wie z. B. in Straßenfahrzeugen, schienengebundenen Fahrzeugen, im Schiffsbau u. a. m., haben sich hydraulisch betätigte Lamellenkupplungen bewährt. Schaltgetriebe im Fahrzeugbau, z. B. für Dieselloks, Raupenschlepper, Lastkraftwagen, Baumaschinen werden zur Arbeitserleichterung und Erhöhung der Leistung in steigendem Maße als Kupplungs-Schaltgetriebe mit hydraulisch betätigten Lamellenkupplungen, oft in Verbindung mit hydraulischen Wandlern, gestaltet.

Im Schiffsbau werden für Schiffswendegetriebe, Lade- und Ankerwinden hydraulisch betätigte Lamellenkupplungen sowie hydraulisch gelüftete federbelastete Bremsen bevorzugt. Sie bieten den Vorteil weitgehender Wartungs- und Verschleißfreiheit und dadurch erhöhter Betriebssicherheit. In der Kombination mit einem Hydraulikmotor findet die hydraulisch gelüftete federbelastete Bremse als Sicherheitselement immer umfangreichere Verwendung.

Elektromagnetisch betätigte Kupplungen und Bremsen gestatten eine zentrale Anordnung der Steuerorgane bis zur vollautomatischen Steuerung einer Maschine und außerdem den Einsatz im Naß- oder Trockenlauf. Hervorzuheben sind die einfache Ansteuerung dieser Geräte im Zusammenwirken mit numerischen Steuerungen und Taktschaltungen sowie die hohe Schaltfrequenz und die hohe Wiederholgenauigkeit. Zu beachten ist ferner, daß bei Baumaschinen, Winden, Mischern, Förderanlagen u. ä. die Elektromagnetkupplungen vom elektrischen Bordnetz betrieben werden können.

## Schaltzeit und Schaltgenauigkeit

Vorausgesetzt, daß die geeignete Betätigungsart und Steuerung gewählt wird, können Lamellenkupplungen sehr hohe Forderungen an Schaltzeit und Schaltgenauigkeit erfüllen. Um eine optimale Funktion zu gewährleisten, müssen jedoch die besonderen Merkmale der verschiedenen Bauarten und Reibwerkstoffe berücksichtigt werden. Trockenlaufende Kupplungen schalten im allgemeinen genauer als unter Öl laufende Kupplungen.

Elektromagnetische Kupplungen mit durchfluteten Lamellen benötigen meist längere Schaltzeiten (insbesondere Abschaltzeiten) als Kupplungen mit nichtdurchfluteten Lamellen. Eine Ausnahme davon stellen jedoch schleifringlose Kupplungen dar. Bedingt durch den Luftspalt zwischen Magnetkörper und Stützscheibe bricht das Magnetfeld schneller zusammen und die Auswirkungen des Restmagnetismus werden reduziert.

Hydraulisch betätigte Kupplungen schalten sehr genau, vorausgesetzt, daß geeignete und richtig ausgelegte Schaltelemente verwendet werden. Ferner haben Rohrdimensionen sowie Ölqualität und Pumpenkapazität einen großen Einfluß auf die Kupplungsfunktion.

Trockenlaufende, pneumatisch betätigte Kupplungen und Bremsen können sehr hohe Forderungen, z. B. im Pressenbau, erfüllen. Bei ausreichender Druckluftmenge und Einhaltung der empfohlenen Dimensionen für Ventile und Rohrleitungen sind auch sehr große Kupplungen schnell und genau zu schalten.

## Größenbestimmung von Kupplungen und Bremsen, Berechnungen

Bevor die bei der Kupplungsauslegung zu berücksichtigenden Gesichtspunkte besprochen werden, sei eine Erklärung der hierzu erforderlichen Begriffe vorangestellt.

- Drehmoment
- Trägheitsmoment
- Zeiten
- Schaltarbeit, Schaltleistung
- Belastungsfälle

Die angegebenen Formeln und Rechnungsgänge sind meist für den praktischen Gebrauch ausreichend. Für den Spezialfall wird jedoch empfohlen, uns die genauen Daten der Antriebsverhältnisse bekanntzugeben, da vielfach die Rechnung durch Erfahrungswerte eine Erweiterung erfährt, deren Erörterung an dieser Stelle zu weit führen würde.

Verwendete Größen und Formelzeichen siehe nachfolgende Tabelle.

Größe, Formelzeichen	Name	Einheit	Beziehung
Kraft F	Newton	N	1 N = 1 kg · 1 m/s <sup>2</sup>
Drehmoment M		Nm	
Masse m		kg	
Trägheitsmoment J		kgm <sup>2</sup>	
Arbeit W Wärmemenge Q	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Temperatur T	Kelvin Celsius	K °C	1 K = 1 °C
Drehzahl n Winkelgeschwindigkeit ω		min <sup>-1</sup> rad/s (s <sup>-1</sup> )	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$

### Die verschiedenen in der Rechnung zu berücksichtigenden Momente

- $M_s$  = schaltbares Drehmoment (Katalogmoment)
- $M_a$  = Beschleunigungsmoment (Verzögerungsmoment)
- $M_L$  = Lastmoment
- $M_r$  = Leerlaufmoment
- $M_{\ddot{u}}$  = übertragbares Drehmoment

### Begriff des schaltbaren Drehmomentes $M_s$

Das schaltbare Drehmoment (dynamisches Drehmoment) ist das bei schlupfender Kupplung im Wellenstrang wirkende Drehmoment.  $M_s$  ist das Katalogmoment von Kupplung oder Bremse und wirkt während des Beschleunigungs- oder Verzögerungsvorganges bis zum Synchronpunkt von An- und Abtrieb.

### Begriff des Beschleunigungsmomentes $M_a$

Das Beschleunigungsmoment beschleunigt die vorhandenen Massen von Drehzahl  $n_1$  auf  $n_2$  in einer bestimmten Zeit.

$$M_a = M_s - M_L \quad \text{in Nm}$$

$$M_a = \frac{J \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{t} \quad \text{in Nm}$$

$$M_a = \frac{J \cdot (n_2 - n_1)}{9,56 \cdot t} \quad \text{in Nm}$$

J = Trägheitsmoment in kgm<sup>2</sup>

t = Beschleunigungszeit in s

$n_1$  ( $\omega_1$ ) = Drehzahl vor Beschleunigung in min<sup>-1</sup> (s<sup>-1</sup>)

$n_2$  ( $\omega_2$ ) = Drehzahl nach Beschleunigung in min<sup>-1</sup> (s<sup>-1</sup>)

## Begriff des Lastmomentes $M_L$

Das Lastmoment ist das am Abtrieb der Kupplung wirkende lastbedingte Drehmoment. Es errechnet sich im wesentlichen aus dem direkt wirkenden Kraftangriff auf der Lastseite und dem zugeordneten Hebelarm (Abb. 7).

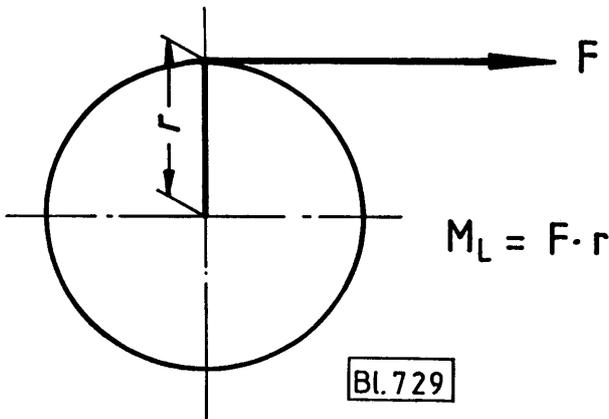


Abb.7

## Begriff des Leerlaufmomentes $M_r$

Das Leerlaufmoment oder Restdrehmoment ist das über die ausgeschaltete Kupplung noch weitergeleitete Drehmoment als höchster Beharrungswert im betriebswarmen Zustand.

## Begriff des übertragbaren Drehmomentes $M_{\ddot{u}}$

Das übertragbare Drehmoment (statisches Drehmoment) ist das Moment, mit dem die geschlossene Kupplung oder Bremse ohne Eintreten von Schlupf belastet werden kann.

## Verhältnis vom übertragbaren zum schaltbaren Drehmoment

Bei Bestimmung der Kupplungsgröße ist zwischen dem übertragbaren und schaltbaren Drehmoment zu unterscheiden.

Das Verhältnis von übertragbarem zum schaltbaren Drehmoment beträgt etwa für die Reibpaarungen:

Stahl/Stahl	1,8 bis 2
Stahl/Organ. Reibbelag	1 bis 1,3
Stahl/Sinterbelag	1,3 bis 1,5

## Das dynamische Trägheitsmoment

Das Trägheitsmoment ist definiert als die Summe aller Produkte aus den Massenteilchen  $dm$  und dem Quadrat ihrer Abstände  $r$  von der Drehachse

$$J = \int r^2 \cdot dm$$

Das Trägheitsmoment eines rotierenden Körpers kann dargestellt werden als  $J = i^2 \cdot m$  in  $\text{kgm}^2$ , wenn man sich die Gesamtmasse des Körpers im Abstand  $i$  (Trägheitshalbmesser) von der Drehachse angebracht vorstellt.

## Reduzierung des Trägheitsmomentes auf die Kupplungswelle bei vorhandenen Übersetzungen

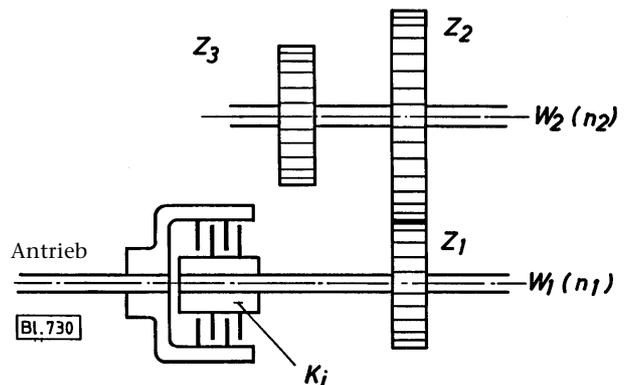


Abb. 8

Bei dem in Abb. 8 skizzierten Zweiwellensystem hat die Kupplung auf Wellenstrang  $W_1$  folgende Massen zu beschleunigen, deren Trägheitsmomente im einzelnen ermittelt werden müssen. Die Summe aller Trägheitsmomente auf  $W_1$  bzw.  $W_2$  sind

$$J_1 = J_{K_i} + J_{W_1} + J_{Z_1} \quad \text{bzw.} \quad J_2 = J_{W_2} + J_{Z_2} + J_{Z_3}$$

Das Trägheitsmoment  $J_2$  wird durch Multiplikation mit dem Quadrat des Drehzahlquotienten auf die Kupplungswelle  $W_1$  reduziert

$$J_{2 \text{ red } W_1} = J_2 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

Die Addition ergibt das gesamte durch die Kupplung auf  $W_1$  zu beschleunigende  $J$ .

$$J_{\text{ges}W_1} = J_1 + J_{2 \text{ red } W_1} \quad \text{in } \text{kgm}^2$$

## Umrechnung einer geradlinig bewegten Masse in ein Massenträgheitsmoment, bezogen auf die Kupplungswelle.

Hierzu finden folgende Formeln Anwendung:

$$J = m \cdot \frac{v^2}{\omega^2} \text{ in kgm}^2 \quad J = 91 \cdot m \cdot \frac{v^2}{n^2} \text{ in kgm}^2$$

## Trägheitsmomente

Trägheitsmomente vollzylindrischer Körper aus Stahl ( $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ) für eine Zylinderhöhe  $h = 10 \text{ mm}$ .

$m$  = Masse des geradlinig bewegten Körpers in kg

$v$  = Geschwindigkeit des geradlinig bewegten Körpers in m/s

$n, (\omega)$  = Drehzahl der Kupplungswelle in  $\text{min}^{-1}, (\text{s}^{-1})$

Für andere Höhen  $h$  sind die Tafelwerte mit  $\frac{h}{10}$  zu multiplizieren.

D mm	Trägheitsmoment $J = \text{kgcm}^2$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0,062	0,071	0,081	0,091	0,103	0,116	0,129	0,144	0,161	0,178
40	0,197	0,218	0,24	0,263	0,289	0,316	0,345	0,376	0,409	0,444
50	0,482	0,521	0,563	0,608	0,655	0,705	0,758	0,814	0,872	0,934
60	0,999	1,067	1,139	1,214	1,293	1,376	1,462	1,553	1,648	1,747
70	1,85	1,958	2,071	2,189	2,311	2,438	2,571	2,709	2,853	3,002
80	3,157	3,317	3,484	3,657	3,837	4,023	4,216	4,415	4,622	4,835
90	5,056	5,285	5,521	5,765	6,017	6,277	6,546	6,823	7,108	7,403
100	7,707	8,02	8,342	8,674	9,016	9,368	9,73	10,102	10,485	10,879
110	11,283	11,699	12,127	12,566	13,016	13,479	13,954	14,442	14,942	15,455
120	15,981	16,52	17,073	17,64	18,22	18,815	19,425	20,049	20,688	21,342
130	22,011	22,696	23,397	24,114	24,848	25,598	26,365	27,149	27,95	28,769
140	29,606	30,461	31,335	32,227	33,137	34,068	35,017	35,986	36,976	37,985
150	39,015	40,066	41,138	42,231	43,346	44,483	45,642	46,824	48,028	49,256
160	50,507	51,781	53,08	54,403	55,75	57,122	58,52	59,943	61,391	62,866
170	64,367	65,895	67,45	69,033	70,643	72,281	73,947	75,642	77,366	79,119
180	80,902	82,715	84,558	86,432	88,337	90,273	92,24	94,24	96,272	98,337
190	100,43	102,56	104,73	106,93	109,16	111,43	113,73	116,07	118,44	120,86
200	123,3	125,79	128,31	130,87	133,47	136,1	138,78	141,49	144,25	147,04
210	149,88	152,75	155,67	158,63	161,63	164,67	167,75	170,88	174,05	177,27
220	180,53	183,83	187,18	190,58	194,02	197,51	201,05	204,63	208,26	211,93
230	215,66	219,44	223,26	227,14	231,06	235,04	239,06	243,14	247,27	251,45
240	255,69	259,97	264,32	268,71	273,16	277,67	282,23	286,85	291,52	296,25
250	301,04	305,88	310,79	315,75	320,77	325,85	331,0	336,2	341,46	346,79
260	352,17	357,62	363,14	368,71	374,35	380,06	385,83	391,66	397,56	403,5
270	409,56	415,66	421,83	428,07	434,38	440,75	447,2	453,72	460,3	466,96
280	473,69	480,5	487,37	494,32	501,35	508,45	515,62	522,87	530,2	537,6
290	545,08	552,63	560,27	567,98	575,78	583,65	591,61	599,64	607,76	615,96
300	624,24	632,6	641,05	649,59	658,2	666,91	675,7	684,57	693,54	702,59
310	711,73	720,96	730,27	739,68	749,18	758,77	768,45	778,22	788,09	798,05
320	808,1	818,25	828,5	838,84	849,27	859,81	870,44	881,17	892,0	902,92
330	913,95	925,08	936,31	947,64	959,08	970,61	982,26	994,0	1005,8	1017,8
340	1029,8	1042,0	1054,3	1066,7	1079,2	1091,8	1104,5	1117,3	1130,2	1143,3
350	1156,4	1169,7	1183,1	1196,6	1210,2	1223,8	1237,8	1251,8	1265,9	1280,1
360	1294,4	1308,8	1323,4	1338,1	1352,9	1367,8	1382,9	1398,0	1413,3	1428,8
370	1444,3	1460,0	1475,8	1491,7	1507,8	1524,0	1540,3	1556,8	1573,3	1590,1
380	1606,9	1623,9	1641,0	1658,3	1675,6	1693,2	1710,8	1728,6	1746,6	1764,6
390	1782,9	1801,2	1819,7	1838,3	1857,1	1876,1	1895,1	1914,3	1933,7	1953,2
400	1972,9	1992,7	2012,6	2032,7	2053,0	2073,4	2093,9	2114,6	2135,5	2156,5
410	2177,2	2199,0	2221,5	2244,1	2266,9	2289,9	2313,0	2336,2	2359,7	2383,3
420	2398,0	2421,0	2444,1	2467,3	2490,7	2514,3	2538,0	2562,0	2586,0	2610,3
430	2634,7	2659,3	2684,1	2709,0	2734,1	2759,4	2784,9	2810,5	2836,3	2862,3
440	2888,5	2914,9	2941,4	2968,1	2995,0	3022,1	3049,3	3076,8	3104,4	3132,2
450	3160,2	3188,4	3216,7	3245,3	3274,1	3303,0	3332,1	3361,3	3390,7	3420,7
460	3450,6	3480,7	3511,0	3541,5	3572,2	3603,1	3634,2	3665,3	3696,0	3727,3
470	3760,6	3792,7	3825,0	3857,5	3890,2	3923,2	3956,3	3989,7	4023,2	4057,0
480	4091,0	4125,2	4159,6	4194,2	4229,0	4264,1	4299,4	4334,9	4370,6	4406,6
490	4442,7	4477,1	4511,7	4546,5	4581,6	4616,9	4652,4	4688,2	4724,0	4778,2
500	4816,7	4851,3	4886,2	4921,3	4956,6	4992,2	5028,0	5064,0	5100,2	5136,5
510	5213,7	5254,7	5296,0	5337,5	5379,2	5421,2	5463,4	5505,9	5548,6	5591,6
520	5634,8	5678,3	5722,0	5766,0	5810,2	5854,7	5899,4	5944,4	5989,7	6035,2
530	6080,9	6126,9	6173,2	6219,8	6266,6	6313,7	6361,0	6408,6	6456,6	6504,6
540	6553,0	6601,7	6650,6	6699,9	6749,4	6799,1	6849,2	6899,5	6950,1	7000,9
550	7052,1	7102,5	7153,2	7204,2	7255,5	7307,0	7368,9	7431,0	7493,4	7556,0
560	7579,1	7634,4	7688,0	7742,8	7797,8	7853,0	7908,5	7964,2	8020,2	8078,2
570	8135,2	8192,4	8249,9	8307,8	8365,9	8424,4	8483,1	8542,2	8601,6	8661,3
580	8721,3	8781,6	8842,2	8903,1	8964,3	9025,9	9087,8	9150,0	9212,5	9275,3
590	9338,5	9401,9	9465,7	9529,9	9594,3	9659,1	9724,2	9789,6	9855,4	9921,4
600	9987,9	10054,1	10120,8	10188,2	10256,3	10325,0	10394,3	10464,3	10534,9	10606,0
610	10679,0	10748	10817	10887	10957	11028	11099	11170	11241	11314
620	11387	11461	11535	11609	11684	11759	11834	11910	11986	12063
630	12140	12217	12295	12373	12451	12530	12609	12688	12768	12849
640	12929	13010	13092	13173	13256	13338	13421	13504	13588	13672
650	13756	13841	13927	14012	14098	14185	14272	14359	14446	14534
660	14623	14712	14801	14891	14981	15071	15162	15253	15345	15437
670	15529	15622	15716	15809	15904	15998	16093	16189	16285	16381
680	16478	16575	16672	16770	16869	16968	17067	17167	17267	17367
690	17468	17570	17672	17774	17877	17980	18084	18188	18293	18398
700	18503	18609	18716	18823	18930	19038	19146	19254	19362	19473
710	19584	19694	19803	19912	20020	20129	20238	20347	20456	20566
720	20710	20826	20942	21058	21175	21292	21409	21528	21646	21766
730	21885	22005	22126	22247	22369	22491	22614	22737	22860	22985
740	23109	23234	23360	23486	23613	23740	23868	23996	24125	24254
750	24384	24514	24645	24777	24908	25041	25174	25307	25441	25576
760	25711	25846	25983	26119	26256	26394	26532	26671	26811	26951
770	27091	27232	27374	27516	27658	27802	27945	28089	28235	28380
780	28526	28673	28820	28967	29116	29264	29414	29564	29714	29866
790	30017	30170	30322	30476	30630	30784	30940	31095	31252	31409
800	31564	31724	31883	32042	32202	32362	32524	32686	32848	33011
810	33164	33339	33503	33669	33835	34001	34168	34336	34505	34674
820	34843	35014	35184	35356	35528	35701	35874	36048	36223	36398
830	36574	36751	36928	37106	37284	37464	37643	37824	38005	38187
840	38369	38552	38736	38920	39105	39291	39477	39664	39852	40040
850	40229	40419	40609	40800	40992	41184	41377	41571	41765	41960
860	42156	42352	42549	42747	42946	43145	43345	43545	43747	43948
870	44151	44354	44559	44763	44969	45175	45382	45589	45798	46007
880	46216	46427	46638	46850	47062	47276	47490	47705	47920	48136
890	48353	48571	48789	49008	49228	49449	49670	49892	50115	50339
900	50563	50788	51014	51241	51468	51696	51925	52155	52385	52616
910	52848	53081	53314	53549	53784	54019	54256	54493	54731	54970
920	55210	55450	55692	55934	56176	56420	56664	56909	57155	57402
930	57650	57898	58147	58397	58648	58900	59152	59405	59659	59914
940	60170	60426	60683	60941	61200	61460	61721	61982	62244	62507
950	62771	63036	63301	63568	63835	64103	64372	64642	64912	65184
960	65456	65729	66003	66278	66554	66831	67108	67386	67666	67946
970	68227	68508	68791	69075	69359	69644	69930	70217	70505	70794
980	71084	71374	71666	71958	72252	72546	72841	73137	73434	73731
990	74030	74330	74630	74931	75234	75537	75841	761		

## Zeiten für schließende Reibkupplungen

siehe Abb. 9, (Reibschluß wird beim Aufbringen der Betätigungskraft hergestellt.)

**Ansprechverzug  $t_{11}$**  ist die Zeit vom Einschalten der Betätigung bis zum Beginn des Drehmomentanstiegs (Eigenzeit der Kupplung).

**Anstiegszeit  $t_{12}$**  ist die Zeit vom Beginn des Drehmomentanstiegs bis zum Erreichen des schaltbaren Nennmomentes  $M_s$ .

**Einschaltzeit  $t_1$**  ist die Summe aus Ansprechverzug und Anstiegszeit  $t_1 = t_{11} + t_{12}$ .

**Rutschzeit  $t_3$**  ist die Zeit, in der die Reibflächen einer Kupplung unter Anpreßkraft eine Relativbewegung ausführen.

## Zeiten für öffnende Reibkupplungen,

siehe Abb. 9 (Reibschluß wird beim Aufbringen der Betätigungskraft unterbrochen, Reibschluß z. B. durch Federkraft)

**Ansprechverzug  $t_{21}$**  ist die Zeit vom Ausschalten der Betätigung bis zum Beginn des Drehmomentabfalles bezogen auf  $M_{ü}$ .

**Abfallzeit  $t_{22}$**  ist die Zeit vom Beginn des Drehmomentabfalles bis zum Abklingen des Drehmoments auf 10 % des schaltbaren Momentes  $M_s$ .

**Ausschaltzeit  $t_2$**  ist die Summe aus Ansprechverzug und Abklingzeit  $t_2 = t_{21} + t_{22}$ .

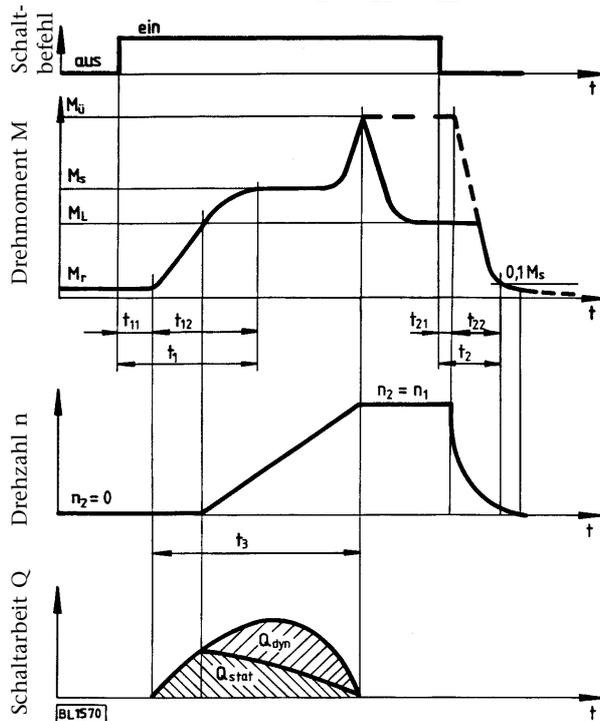


Abb. 9

## Reibarbeit und Wärmebelastung

### Art der Belastung

Die bei dem Schaltvorgang geleistete Reibarbeit wirkt sich als Wärmebelastung aus. Die entstandene Wärme muß von den Reibflächen aufgenommen bzw. abgeleitet werden, ohne daß der für die Kupplung bzw. Reibpaarung zulässige Wärmekennwert überschritten wird. Eine Berechnung ist für die meisten Einbaufälle unerlässlich.

Die Gesamtwärmemenge  $Q_s$  eines Schaltvorganges entsteht als Wirkung des Lastmomentes und des Beschleunigungs- oder Verzögerungsmomentes über der Rutschzeit und besteht deshalb aus den Komponenten  $Q_{stat}$  und  $Q_{dyn}$  (Abb. 9).

### Einfluß des Lastmomentes auf die Wärmebelastung

Um eine überhöhte Wärmebelastung durch das kontinuierlich wirkende Lastmoment zu vermeiden, muß das verfügbare Moment  $M_a = M_s - M_L$  ausreichend sein, um die Beschleunigung in einer angemessenen Zeit durchzuführen. Wie in Abb. 10 gezeigt, bewirkt das Verhältnis  $M_s/M_L < 2$  eine schnelle Zunahme der Gesamtwärmebelastung  $Q_s$  da  $Q_{dyn}$  für einen gegebenen Einbaufall konstant ist.

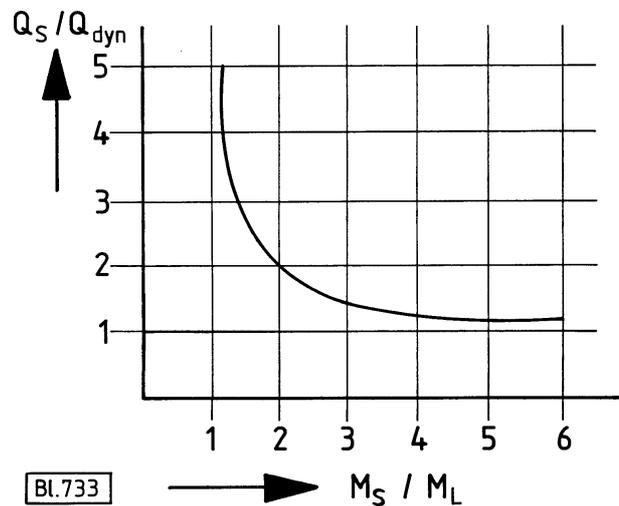


Abb. 10

## Berechnung der Wärmebelastung

Die durch einzelne oder wiederholte Schaltvorgänge entstehende Wärmemenge kann mit folgenden Formeln berechnet werden:

$$Q_S = \frac{J \cdot (\omega_2 \pm \omega_1)^2}{2} \cdot \frac{M_s}{M_s \pm M_L} \quad \text{in J/Schaltung}$$

$$Q_S = \frac{J \cdot (n_2 \pm n_1)^2}{182,4 \cdot 10^3} \cdot \frac{M_s}{M_s \pm M_L} \quad \text{in kJ/Schaltung}$$

und

$$Q_h = Q_S \cdot S_h \quad \text{in J/h}$$

$J$  = zu beschleunigendes bzw. zu verzögerndes Trägheitsmoment in  $\text{kgm}^2$

$n_1, (\omega_1)$  = Drehzahl der Abtriebswelle vor dem Beschleunigungsvorgang bzw. nach dem Verzögerungsvorgang in  $\text{min}^{-1}$  ( $\text{s}^{-1}$ )

$n_2, (\omega_2)$  = Drehzahl der Abtriebswelle nach dem Beschleunigungsvorgang bzw. vor dem Verzögerungsvorgang in  $\text{min}^{-1}$  ( $\text{s}^{-1}$ )

$S_h$  = Anzahl der Schaltungen pro Stunde

$n_2 + n_1$  wenn Gegenläufigkeit von Kupplungsinnen- und -außenteil vorliegt.

$\frac{M_s}{M_s - M_L}$  = Lastfaktor, wenn die Wirkung von  $M_s$  durch  $M_L$  gemindert wird.

$\frac{M_s}{M_s + M_L}$  = Lastfaktor, wenn die Wirkung von  $M_s$  durch  $M_L$  ergänzt wird.

Bei reiner Massenbeschleunigung aus dem Stillstand ist die von der Kupplung als Wärme aufgenommene Energiemenge genau so groß wie die in die Masse übertragene Energie.

Werden die Drehzahländerungen in Stufen durchgeführt, z. B. bei Kupplungsgetrieben, verringert sich die Wärmebelastung aller teilnehmenden Kupplungen mit der Stufenzahl. Die höchste Wärmebelastung entsteht, wenn der gesamte Hochlauf- bzw. Bremsvorgang von einer Kupplung durchgeführt wird.

## WärmeKennwerte

Eine Kupplung oder Bremse kann ohne Überhitzung bzw. erhöhten Verschleiß einer bestimmten Wärmebelastung infolge der auftretenden Schaltarbeit ausgesetzt werden. Die Menge der zulässigen Schaltarbeit ist vom Reibmaterial und vom Wärmeableitungsvermögen abhängig. Je nach Anwendungsfall ist dabei die Wärmebelastung **pro Schaltung** oder die Wärmebelastung **pro Stunde** ausschlaggebend.

Die entsprechenden, reibflächenbezogenen Kennwerte  $q_{AZul}$  in  $\text{J/mm}^2$  sind auf Anfrage erhältlich. Typische, zulässige Werte für  $q$  sind im Abschnitt "Wärmeverhalten" verzeichnet.

$q_A$  bzw.  $q_{AE}$  in  $\text{J/mm}^2$  ist die flächenbezogene Schaltarbeit für eine Schaltung.

$q_{Ao}$  in  $\text{W/mm}^2$  ist die flächenbezogene Reibleistung, die am Beginn des Schaltvorgangs - bei höchster Relativdrehzahl - auftritt.

$q_{Ah}$  in  $\text{J/mm}^2/\text{h}$  ist die flächenbezogene, durch wiederholte Schaltungen in ungefähr gleichen Zeitabständen entstandene Schaltarbeit **pro Stunde**.

## Auslegung der Kupplung

Die Bestimmung der Kupplungsgröße ist von zwei Faktoren abhängig:

- max. zu übertragendes Drehmoment
- max. auftretende Schaltarbeit

## Erforderliches Drehmoment

Das Nenn Drehmoment der Antriebsmaschine kann mit folgenden Formeln berechnet werden:

$$M = \frac{P}{\omega} \quad \text{in Nm}$$

$P$  = Nennleistung in W

$\omega$  = Winkelgeschwindigkeit in  $\text{s}^{-1}$

bzw.

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} \quad \text{in Nm}$$

$P$  = Nennleistung in kW

$n$  = Drehzahl in  $\text{min}^{-1}$

Neben dem Nenndrehmoment der Antriebsmaschine muß auch das Drehverhalten der treibenden und der anzutreibenden Maschine berücksichtigt werden. Verbrennungsmotoren, Kolbenpumpen und Kolbenkompressoren drehen mit einer hohen Ungleichförmigkeit; die Kupplungen

müssen daher entsprechend größer gewählt werden. Es ist häufig schwierig, die auftretenden Drehmomentspitzen festzustellen. In der Praxis kann man sich mit einem Sicherheitsfaktor K laut untenstehender Tabelle helfen.

## Mindest-Sicherheitsfaktoren

<div style="text-align: center;"><b>Kraftmaschinen</b></div> <div style="text-align: center;"><b>Arbeitsmaschinen</b></div>	Elektromotoren	2-Zylinder-Verbrennungsmotoren	1-Zylinder-Verbrennungsmotoren
	Dampf- und Gasturbinen		
	Mehrzylinder-Verbrennungsmotoren	<b>Sicherheitsfaktor K</b>	
Generatoren, Kettenförderer, Kreiselverdichter, Sandstrahlgebläse, Textilmaschinen, Transportanlagen, Ventilatoren, Zentrifugalpumpen	1,5	2	2,5
Aufzüge, Becherwerke, Drehöfen, Haspeln, Katz- und Kranfahrwerke, Kühltrommeln, Winden, Rührwerke, Scheren, Schleif- und Werkzeugmaschinen, Waschmaschinen, Webstühle, Ziegelpressen	2	2,5	3
Bagger, Bohranlagen, Brikettpressen, Grubenventilatoren, Gummiwalzwerke, Hubwerke, Kollergänge, Plungerpumpen, Putztrommeln, Rüttler, Verbundmühlen	2,5	3	3,5
Kolbenverdichter, Gattersägen, Naßpressen, Papierkalander, Rollgänge, Trockenzyylinder, Walzwerke, Zementmühlen, Zentrifugen	3	3,5	4

## Erforderliches Drehmoment

$$M_{\text{erf.}} = K \cdot M \quad \text{in Nm}$$

Drehstrom-Kurzschlußläufermotoren können kurzfristig das zwei- bis dreifache Nennmoment als Kippmoment entwickeln, z. B. beim Einschalten oder bei Überbelastung. Um unzulässiges Rutschen in diesen Fällen zu vermeiden, muß das Drehmoment der Kupplung entsprechend gewählt werden.

Für die Kupplungswahl darf in der Regel nur das schaltbare Drehmoment  $M_s$  zugrunde gelegt werden und nicht das höhere übertragbare Drehmoment  $M_{\bar{u}}$ . Um die Beschleunigung der angetriebenen Masse zu ermöglichen, sollte ein vorhandenes Lastmoment nicht größer sein als 30 bis 50 % des schaltbaren Drehmomentes der Kupplung. Siehe hierzu auch Abb. 10.

## Rutschzeit

Ist das verfügbare Beschleunigungsmoment  $M_a = M_s - M_L$  bekannt, kann die Beschleunigungszeit (Rutschzeit  $t_3$ ) berechnet werden:

$$t_3 = \frac{J \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{M_s - M_L} \text{ in s bzw. } t_3 = \frac{J \cdot (n_2 - n_1)}{9,56 \cdot (M_s - M_L)} \text{ in s}$$

$J$  = Trägheitsmoment in  $\text{kgm}^2$

$M_s$  = schaltbares Drehmoment in Nm

$M_L$  = Lastmoment in Nm

Um die gesamte Anlaufzeit zu berechnen, müssen die typenbezogenen Einschaltzeiten  $t_1$  berücksichtigt werden (Abb 9).

## Berechnung von Kupplungen und Bremsen bei Kurbeltrieben

Beim Einsatz von Kupplungen und Bremsen in Maschinen, bei denen die Antriebsenergie in einem Schwungrad gespeichert wird, z. B. bei Pressen und Scheren, muß das abtriebsseitig erforderliche Drehmoment ermittelt werden. Ist die Bremszeit von besonderer Bedeutung, muß das erforderliche Bremsmoment nach dem zulässigen Bremswinkel ausgelegt werden.

**Achtung:** Bei der Berechnung sind maschinenabhängige Lastmomente zusätzlich zu den Massen zu berücksichtigen.

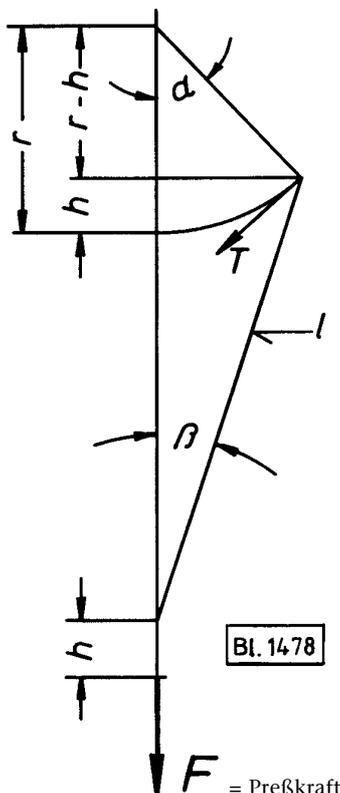


Abb. 11

## Übertragbares Drehmoment

$$M_{\text{üK}} = r \cdot \frac{F \cdot \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \text{ in Nm}$$

Das folgende Diagramm zeigt die Werte für  $\sin \alpha$ , wenn der Kurbelradius  $r$  und der Stößelweg  $h$  (Abb. 12) bekannt sind, entsprechend der Formel

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2}$$

$$\sin \beta = \frac{r \cdot \sin \alpha}{l}$$

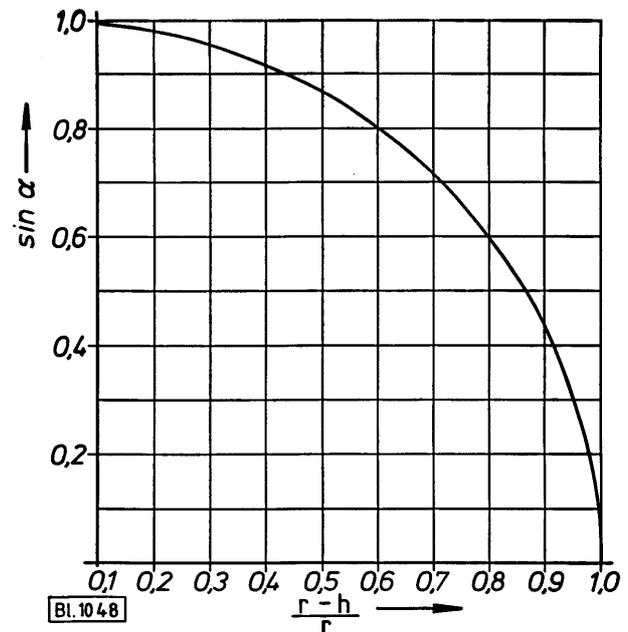


Abb. 12

## Bremsvorgang

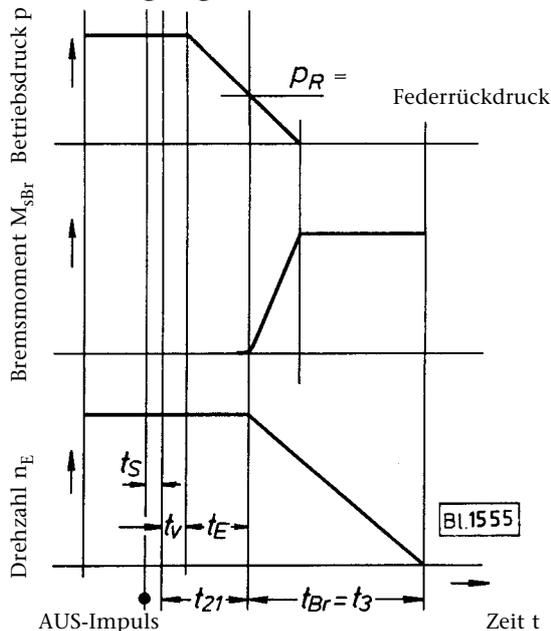


Abb. 13

In den Formeln bedeuten:

- F = Preßkraft in N
- r = Kurbelradius in m
- l = Länge der Schubstange in m
- h = Stößelweg in m
- $t_s$  = elektrische Eigenzeit des Schützes in Sekunden
- $t_v$  = elektrische Eigenzeit des Ventils in Sekunden
- $t_E$  = Entleerungszeit des Zylinders in Sekunden
- $t_{21}$  =  $t_v + t_E$  = Ausschaltverzug in Sekunden
- $t_{Br}$  =  $t_3$  = mechanische Bremszeit in Sekunden
- $n_E(\omega_E)$  = Drehzahl der Exzenterwelle in  $\text{min}^{-1}$  ( $\text{s}^{-1}$ )
- $n_K(\omega_K)$  = Drehzahl der Kupplungswelle in  $\text{min}^{-1}$  ( $\text{s}^{-1}$ )
- $\alpha$  = Kurbelwinkel, Arbeitswinkel vor UT in Grad bzw. rad
- $\beta$  = Schubstangenwinkel vor UT in Grad bzw. rad
- $\gamma$  = Bremswinkel in Grad bzw. rad
- $M_{üK}$  = übertragbares Kupplungsmoment in Nm
- $M_{sBr}$  = Bremsmoment in Nm
- k = Faktor, der den nicht rechteckigen Verlauf des Bremsmomentes berücksichtigt.
- k ~ 1,2 – 1,3
- $\Sigma J$  = Trägheitsmoment in  $\text{kgm}^2$   
Fremdteile, Kupplung und Bremse

Das Diagramm im Abb. 13 zeigt den zeitlichen Verlauf von Betätigungsdruck, Drehmoment und

Drehzahl vom Ausschaltimpuls bis zum Stillstand der abzubremsenden Massen. Für die mechanische Bremszeit  $t_{Br}$  bzw.  $t_3$  gilt:

$$t_3 = k \cdot \frac{\Sigma J \cdot \omega_K}{M_s} \text{ in s} \quad \text{bzw.} \quad t_3 = k \cdot \frac{\Sigma J \cdot n_K}{9,56 \cdot M_s} \text{ in s}$$

Für den Bremswinkel ergibt sich folgende Formel:

$$\gamma = \omega_E \cdot (t_s + t_{21}) + \frac{\omega_E}{2} \cdot t_3 \text{ in rad} \quad \text{bzw.}$$

$$\gamma = 6 \cdot n_E (t_s + t_{21}) + 3 \cdot n_E \cdot t_3 \text{ in Grad}$$

### Erforderliche Wärmekapazität

Ohne die kritische Temperatur zu überschreiten, muß die entwickelte Schaltwärme von der Kupplung abgeführt werden. Die Wärmebelastung pro Schaltung und pro Stunde kann wie auf Seite 1.14.00 beschrieben, berechnet werden.

Wärmekennwerte für die verschiedenen Kupplungstypen sind auf Anfrage erhältlich. Unsere Ingenieure geben gern weitere Informationen.

### Einmalige Schaltung

Die gesamte entwickelte Wärme muß von den Reibpartnern aufgenommen werden. Die zulässige Wärmebelastung pro Schaltung  $q_{AE}$  ist daher grundsätzlich von Reibpaarung und Schmierverhältnissen abhängig. Richtwerte für das Verhalten von verschiedenen Reibwerkstoffen sind auf Seite 1.07.00 gegeben.

### Dauerschaltungen

Werden Schaltungen über eine längere Zeit in etwa gleichen Zeitabständen wiederholt, wird die Wärme zu den Außenflächen der Kupplung geleitet und durch Ventilation oder Kühlöl abgeführt. Nach einer gewissen Laufzeit stellt sich in der Kupplung bzw. Bremse eine Beharrungstemperatur ein.

Ausreichende Kühlung ist wichtig. Falls erforderlich, sollte Zusatzbelüftung oder Innenölung vorgesehen werden.

### Rutschen bei konstanter Drehzahl

Unter bestimmten Umständen, z. B. bei Sicherheitskupplungen, rutscht die Kupplung eine bestimmte Zeit mit vollem Drehmoment und konstanter Drehzahl. Die dabei freiwerdende Wärmemenge errechnet sich:

$$Q = M_s \cdot \omega \cdot t \text{ in J} \quad \text{bzw.} \quad Q = \frac{M_s \cdot n \cdot t}{9548} \text{ in kJ}$$

$M_s$  = schaltbares Drehmoment in Nm

$\omega$  = Winkelgeschwindigkeit in  $\text{s}^{-1}$

n = Drehzahl in  $\text{min}^{-1}$

t = Rutschzeit in s

Es sollte beachtet werden, daß die zulässige Rutschzeit in den meisten Einsatzfällen verhält-

## Schmierung und Kühlung von Kupplungen und Bremsen

Naßlaufende mit Öl gekühlte Lamellenkupplungen werden normalerweise in Getriebegehäusen betrieben. Dabei kann das Kühlöl in Form von Spritzöl oder durch Eintauchen (bis zu 1/10 des Durchmessers) oder als Innenöl durch die Welle zugeführt werden.

Für Einbaufälle mit hoher Wärmebelastung oder hohen Leerlaufdrehzahlen wird Innenölung, die intensivste Art der Kühlung, empfohlen. Der auf die Reibfläche bezogene Kühlstrom ist dabei:

$$0,5 \text{ bis } 2 \text{ mm}^3/(\text{mm}^2 \cdot \text{s}).$$

Dadurch wird Trockenreibung und erhöhte Leerlauferhitzung vermieden. Außerdem wird die Wärmebelastbarkeit durch gleichmäßige Wärmeverteilung und verbesserte Kühlung erhöht. Die Durchflußmenge ist den Betriebsverhältnissen anzupassen.

In Fragen der Ölart muß normalerweise bei Getrieben mit Lamellenkupplungen ein Kompromiß gefunden werden. Schmieröle, die für hochbelastete Zahnräder und Lager Verwendung finden, sind nicht immer für Lamellenkupplungen geeignet.

Allgemein müssen folgende Forderungen an Öle für Lamellenkupplungen gestellt werden:

- Hohe Wärme- und Alterungsbeständigkeit
- neutrales Verhalten gegen Kupfer und Stahl bei Betriebstemperaturen
- kein Absetzen der Ölkohle
- gute Wärmeableitung und Kühlwirkung
- geringe Schaumbildung, insbesondere bei hydraulisch betätigten Lamellenkupplungen
- Viskosität (siehe Empfehlungstabelle auf Seite 1.19.00).

### Oberflächengestaltung der Lamellen

Im Zusammenwirken der verschiedenen Oberflächengestalten von Lamellen, wie z. B. Spirallinien, Radialnuten und Waffelmuster, mit den speziellen Eigenschaften der verschiedenen Öle hat man die Möglichkeit, alle Anwendungsprobleme zufriedenstellend zu lösen. Durch die entsprechende Wahl von Lamellennut, Kühlölsorte und Kühlmengen läßt sich der Verlauf des Drehmomentaufbaues und dadurch die Schaltzeit sowie die Wärmekapazität der Kupplung beeinflussen.

### Lagerschmierung bei trocken-laufenden Lamellenkupplungen und -bremsen

Bei Kupplungsgehäusen mit Wälzlagern ist durch Einbau von Dichtringen dafür zu sorgen, daß das Lagerfett nicht an die Reibflächen gelangt. Es ist zweckmäßig, die Lager bei der Montage mit Fett zu füllen und auf eine Nachschmiermöglichkeit zu verzichten.

## Ölempfehlungen für Lamellenkupplungen und -bremsen

	Verwendungszweck			
	mechanisch und hydraulisch betätigte Lamellenkupplungen mittlerer Drehzahl ( $v^1$ ) ~ 5 bis 12 m/s)		elektromagnetisch betätigte Lamellenkupplungen und mechanisch und hydraulisch betätigte Lamellenkupplungen mit hoher Drehzahl ( $v^1$ ) > 12 m/s)	
	Inland	Ausland	Inland	Ausland
ARAL	Kosmol TL 68 64 mm <sup>2</sup> /s	Kosmol TL 68 64 mm <sup>2</sup> /s	Kosmol TL 46 44 mm <sup>2</sup> /s	Oel CMS 22 mm <sup>2</sup> /s
BP	Energol HL 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Energol THB 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Energol HL 32 32 mm <sup>2</sup> /s	Energol THB 32 32 mm <sup>2</sup> /s
CASTROL	HYSPIN VG 46 46 mm <sup>2</sup> /s	PERFECTO T 46 46 mm <sup>2</sup> /s	HYSPIN VG 32 32 mm <sup>2</sup> /s	PERFECTO T 32 32 mm <sup>2</sup> /s
CHEVRON	GST Oil 46 46 mm <sup>2</sup> /s	GST Oil 46 46 mm <sup>2</sup> /s	GST Oil 32 32 mm <sup>2</sup> /s	GST Oil 32 32 mm <sup>2</sup> /s
DEA	Astron HL 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Eterna LTD 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Astron HL 32 32 mm <sup>2</sup> /s	Eterna LTD 32 32 mm <sup>2</sup> /s
ELF	POLYTELIS 46 46 mm <sup>2</sup> /s	POLYTELIS 46 46 mm <sup>2</sup> /s	POLYTELIS 32 31 mm <sup>2</sup> /s	POLYTELIS 32 31 mm <sup>2</sup> /s
ESSO	TERESSO 68 (bisher 52) 64 mm <sup>2</sup> /s	ESSTIC 68 (bisher 50) 64 mm <sup>2</sup> /s	TERESSO 32 (bisher 43) 30 mm <sup>2</sup> /s	ESSTIC 32 (bisher 42) 34 mm <sup>2</sup> /s
FINA	CIRKAN 68 ISO 62 mm <sup>2</sup> /s	BAKOLA 68 64 mm <sup>2</sup> /s	CIRKAN 38 F 39 mm <sup>2</sup> /s	CIRKAN 38 F 42 mm <sup>2</sup> /s
FUCHS	RENOLIN MR 15 49,6 mm <sup>2</sup> /s	RENOLIN MR 15 49,6 mm <sup>2</sup> /s	RENOLIN MR 10 34 mm <sup>2</sup> /s	RENOLIN MR 10 34 mm <sup>2</sup> /s
MOBIL OIL	D.T.E. Oil Medium 43,4 mm <sup>2</sup> /s	D.T.E. Oil Medium 43,4 mm <sup>2</sup> /s	D.T.E. Oil Light 29,6 mm <sup>2</sup> /s	D.T.E. Oil Light 29,6 mm <sup>2</sup> /s
OIL BEI SHELL	Morlina Oil 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Morlina Oil 68 68 mm <sup>2</sup> /s	Morlina Oil 46 46 mm <sup>2</sup> /s	Morlina Oil 46 46 mm <sup>2</sup> /s
TEXACO	Rando Oil C 65 mm <sup>2</sup> /s	Regal Oil R&O 68 63 mm <sup>2</sup> /s	Rando Oil B 43 mm <sup>2</sup> /s	Regal Oil R&O 46 42 mm <sup>2</sup> /s

<sup>1)</sup>  $v$  = Umfangsgeschwindigkeit am Außendurchmesser der Kupplung bzw. Bremse.

Viskosität bei 40° C

1 mm<sup>2</sup>/s ~ 1 cSt

Vorstehende Angaben sind unverbindlich und von Fall zu Fall zu überprüfen.

Sie geben kein Werturteil ab.

Markenangaben weiterer Ölgesellschaften auf Anfrage.

## Einbauhinweise und Passungen

### Allgemeine Einbauhinweise für Ortlinghaus-Kupplungen und Bremsen

Zusätzlich zu den im jeweiligen Katalogregister enthaltenen Funktions- und Einbaubeschreibungen müssen bei der Konstruktion von Antrieben mit Lamellenkupplungen einige generelle Grundsätze beachtet werden.

Bedingt durch das Konstruktionsprinzip sind eine genaue Zentrierung der beiden Kupplungshälften und entsprechende Anordnung der Lager erforderlich. Bei Verbindung von zwei Wellenenden müssen die Lager so dicht wie möglich an die Kupplung herangesetzt werden. Ist die Verwendung eines Zentrierlagers erforderlich, muß für ausreichende Schmierung im Leerlauf gesorgt werden.

Um zusätzliche Erwärmung oder sogar Zerstörung zu vermeiden, müssen die Bauteile von Kupplungen und Bremsen und die Wellen gegen axialen Versatz gesichert sein, so daß die konstruktiv vorgegebenen Abstände zwischen den Bauteilen erhalten bleiben. Abgesetzte Wellen in Verbindung mit Sicherungsringen oder Wellenmütern werden empfohlen. Wenn Feststellschrauben verwendet werden, ist eine zuverlässige Sicherung erforderlich.

Die maximal zulässige Drehzahl richtet sich nach der Größe der Kupplung und nach den Einbauverhältnissen. Im Normalfall sollte eine Geschwindigkeit von ca. 20 m/s, bezogen auf den mittleren Reibdurchmesser der Lamelle, nicht überschritten werden. Unter bestimmten Voraussetzungen sind höhere Geschwindigkeiten zulässig.

Bei allen Konstruktionen sollte beachtet werden, daß Kupplungen naturgemäß einem Verschleiß ausgesetzt sind. Regelmäßige Kontrolle, Nachstellen oder Austausch von Reibbelägen sind bei vielen Kupplungstypen erforderlich, um eine hohe Betriebssicherheit und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten. Zu diesem Zweck sollten ausreichend Inspektionsöffnungen und Möglichkeiten zum einfachen Aus- und Einbau vorgesehen werden.

Unsere erfahrenen Ingenieure beraten Sie gern bei der Auswahl und dem Einbau der geeigneten Ortlinghaus-Kupplung oder Bremse.

## Einbau-Passungen und Gehäuseformen der Ortlinghaus-Kupplungen und Bremsen

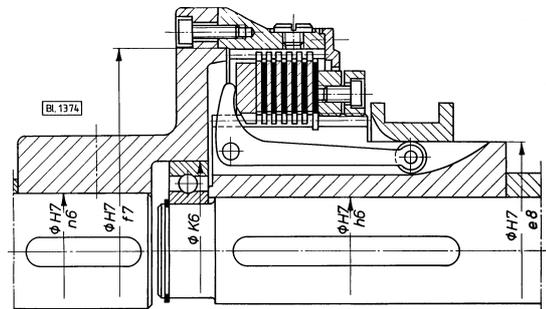


Abb. 14: Mechanisch betätigte Kupplung mit Bundgehäuse und Flanschnabe; Zentrierlagerung

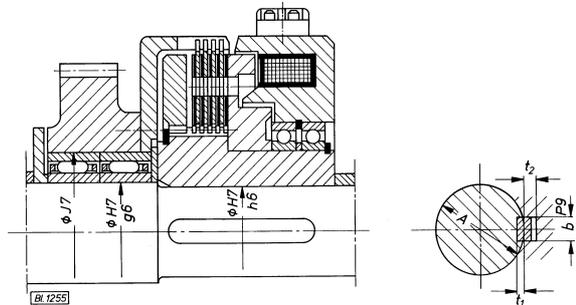


Abb. 15: Schleifringlose Elektromagnet-Kupplung mit Topfgehäuse; Nadellagerung

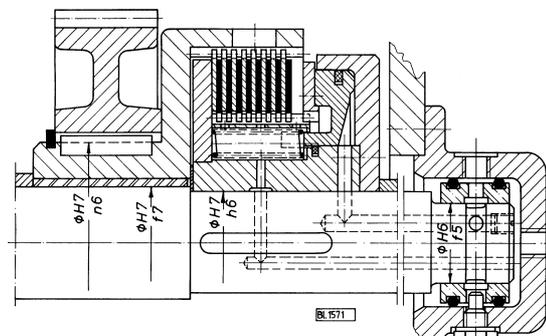


Abb. 16: Hydraulisch betätigte Kupplung mit Nabengehäuse; Gleitlagerung

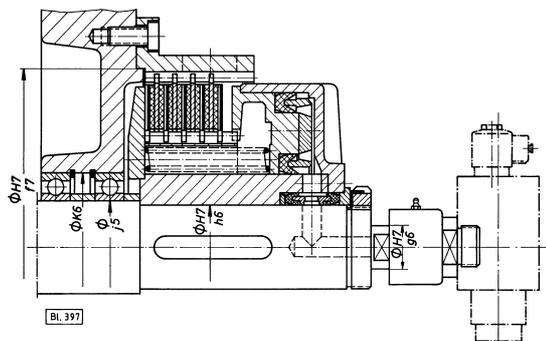


Abb. 17: Pneumatisch betätigte Kupplung mit Flanschgehäuse;

## Passungen, Bohrungen und Nuten

Wir bitten, bei Ihren Konstruktionen und beim Einbau von Ortlinghaus-Kupplungen und Bremsen die nachfolgend aufgeführten Bohrungen und Nuten zu wählen, wobei die Vorzugsbohrungen in den Kupplungs- und Bremsen-Maß-listen zu beachten sind.

## Passungen für Bohrung H7 nach DIN 7154.

## Paßfedern und Nuten nach DIN 6885, Nabennuttoleranz P9 (JS9 auf Anfrage).

Paßfeder	Wellen-Ø A	Wellennut b x t <sub>1</sub>	Nabennut b x t <sub>2</sub>
2 x 2	über 6 bis 8	2 x 1,2 + 0,1	2 x 1,0 + 0,1
3 x 3	über 8 bis 10	3 x 1,8 + 0,1	3 x 1,4 + 0,1
4 x 4	über 10 bis 12	4 x 2,5 + 0,1	4 x 1,8 + 0,1
5 x 3	über 12 bis 17	5 x 1,9 + 0,1	5 x 1,2 + 0,1
5 x 5	über 12 bis 17	5 x 3,0 + 0,1	5 x 2,3 + 0,1
6 x 4	über 17 bis 22	6 x 2,5 + 0,1	6 x 1,6 + 0,1
6 x 6	über 17 bis 22	6 x 3,5 + 0,1	6 x 2,8 + 0,1
8 x 5	über 22 bis 30	8 x 3,1 + 0,2	8 x 2,0 + 0,1
8 x 7	über 22 bis 30	8 x 4,0 + 0,2	8 x 3,3 + 0,2
10 x 6	über 30 bis 38	10 x 3,7 + 0,2	10 x 2,4 + 0,1
10 x 8	über 30 bis 38	10 x 5,0 + 0,2	10 x 3,3 + 0,2
12 x 6	über 38 bis 44	12 x 3,9 + 0,2	12 x 2,2 + 0,1
12 x 8	über 38 bis 44	12 x 5,0 + 0,2	12 x 3,3 + 0,2
14 x 6	über 44 bis 50	14 x 4,0 + 0,2	14 x 2,1 + 0,1
14 x 9	über 44 bis 50	14 x 5,5 + 0,2	14 x 3,8 + 0,2
16 x 7	über 50 bis 58	16 x 4,7 + 0,2	16 x 2,4 + 0,1
16 x 10	über 50 bis 58	16 x 6,0 + 0,2	16 x 4,3 + 0,2
18 x 7	über 58 bis 65	18 x 4,8 + 0,2	18 x 2,3 + 0,1
18 x 11	über 58 bis 65	18 x 7,0 + 0,2	18 x 4,4 + 0,2
20 x 8	über 65 bis 75	20 x 5,4 + 0,2	20 x 2,7 + 0,1
20 x 12	über 65 bis 75	20 x 7,5 + 0,2	20 x 4,9 + 0,2
22 x 9	über 75 bis 85	22 x 6,0 + 0,2	22 x 3,1 + 0,2
22 x 14	über 75 bis 85	22 x 9,0 + 0,2	22 x 5,4 + 0,2
25 x 9	über 85 bis 95	25 x 6,2 + 0,2	25 x 2,9 + 0,2
25 x 14	über 85 bis 95	25 x 9,0 + 0,2	25 x 5,4 + 0,2
28 x 10	über 95 bis 110	28 x 6,9 + 0,2	28 x 3,2 + 0,2
28 x 16	über 95 bis 110	28 x 10,0 + 0,2	28 x 6,4 + 0,2
32 x 11	über 110 bis 130	32 x 7,6 + 0,2	32 x 3,5 + 0,2
32 x 18	über 110 bis 130	32 x 11,0 + 0,2	32 x 7,4 + 0,2
36 x 12	über 130 bis 150	36 x 8,3 + 0,2	36 x 3,8 + 0,2
36 x 20	über 130 bis 150	36 x 12,0 + 0,3	36 x 8,4 + 0,3
40 x 22	über 150 bis 170	40 x 13,0 + 0,3	40 x 9,4 + 0,3
45 x 25	über 170 bis 200	45 x 15,0 + 0,3	45 x 10,4 + 0,3
50 x 28	über 200 bis 230	50 x 17,0 + 0,3	50 x 11,4 + 0,3