

Einleitung

Ziel des Laborversuchs ist es, das Zusammenspiel zwischen Verbrennungsmotoren und Leistungsbremsen zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Dokumentationen sollen zur späteren Ermittlung der Motorkennlinien verwendet werden. Jetzt handelt es sich um die Kennlinien zweier verschiedener Leistungsbremsen, sowie um die Kennlinien zweier Motoren. Die verwendeten Motoren sind hierbei zum einen ein wassergekühlter 4-Takt-Reihen-Dieselmotor der Fa. VW (Versuch A, gekoppelt an Wirbelstrombremse der Fa. Zöllner). Zum anderen handelt es sich um einen wassergekühlten 4-Takt-Reihen-Ottomotor der Fa. Renault (Versuch B, gekoppelt an eine Gleichstrommaschine der Fa. Siemens). Die weiteren technischen Daten sind dem Messprotokoll im Anhang zu entnehmen.

Versuch

A) Dieselmotor – Wirbelstrombremse.

Ermittlung zweier Kennlinien der Wirbelstrombremse

- a.) Die Wirbelstrombremse wird mit konstanter Erregerspannung betrieben. Motor und Bremse werden so eingestellt, dass sich eine Drehfrequenz von ca. 4000/min einstellt. Durch Reduzierung der Kraftstoffzufuhr wird die Drehfrequenz in Schritten von ca. 300/min verringert. Das vom Motor auf die Wirbelstrombremse wirkende Drehmoment kann als Kraft an einer Waage abgelesen werden. Das Moment erhält man entsprechend nach: $M = F \cdot l_{theor.}$.
- b.) Eine zweite Kennlinie der Wirbelstrombremse wird aufgenommen. Die Erregerspannung liegt höher als bei a.). Die Drehfrequenz wird in Stufen von 200/min verringert.

Ermittlung der Vollast Kennlinie des Motors

Der Drehzahlverstellhebel des Motors wird auf Vollast eingestellt. Die Erregerspannung der Wirbelstrombremse wird so gewählt, dass sich eine Drehfrequenz von ca. 1800/min einstellt. Durch Reduzierung der Erregerspannung wird die Drehfrequenz in Schritten von ca. 300/min erhöht.

B) Ottomotor – Gleichstrommaschine

Ermittlung der geregelten Betriebskennlinie (Drehfrequenzregelung)

Die Drehfrequenz des Motors wird auf 2700/min eingestellt. Durch Betätigen des Drosselklappen-Verstellhebels wird die Gemischmenge des Motors stufenweise erhöht. Die Drehfrequenzregelung der Gleichstrommaschine erhöht ihrerseits das Lastmoment so, dass die Drehfrequenz konstant gehalten wird. Der Motor gibt also bei gleicher Drehfrequenz unterschiedliche Drehmomente ab.

Ermittlung der geregelten Betriebskennlinie (Drehmomentregelung)

Das Drehmoment des Motors wird auf 35,1 Nm (Anzeige an Waage $F=5kp$) eingestellt. Durch Betätigung des Verstellhebels wird wieder die Kraftstoffzufuhr stufenweise erhöht. Jetzt wird durch die Drehmomentregelung der Gleichstrommaschine das Lastmoment konstant gehalten, d. h. die Drehfrequenz steigt an.

Teilgaskennlinie des Motors

Ausgehend vom letzten Messpunkt des obigen Versuchs wird bei konstanter Drosselklappenstellung (Verstellhebelposition konstant) durch Veränderung der n -Vorgabe (Drehfrequenzregelung) das Lastmoment erhöht. Es können somit verschiedene Drehfrequenzen eingestellt werden und folglich bekommt man die Teilgaskennlinie des Motors für die gewählte Drosselklappenstellung.

Versuchsauswertung

Die jeweils eingestellten bzw. abgelesenen Parameter, Kraft F und Drehfrequenz n , werden in ein Auswertungsblatt eingetragen. Die Kraft F muss mit dem jeweiligen theoretischen Hebelarm $l_{\text{theor.}}$ der Bremse in das Drehmoment M umgerechnet werden:

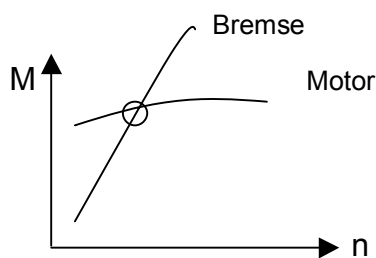
$$M = F \cdot l_{\text{heor.}}$$

Die Diagramme stellen den Verlauf von Drehmoment über Drehfrequenz dar.

Diskussion

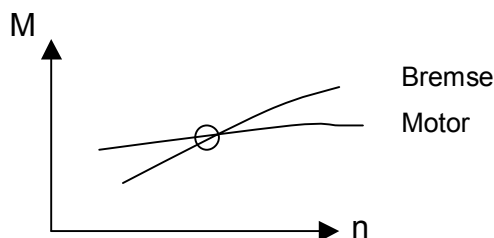
Industriediesel-Wirbelstrombremse

Das Aufnehmen der ersten Bremsenkennlinie ist problemlos möglich. Bei jeder eingestellten Drehfrequenz stellt sich ein stabiler Arbeitspunkt ein. D. h. hier schneiden sich Bremsenkennlinie und Motorkennlinie unter einem relativ großen Winkel. Bei Anstieg der Drehfrequenz steigt das Lastmoment der Bremse stärker als das Antriebsmoment des Motors, die Drehfrequenz verringert sich wieder zum Ausgangspunkt hin. Der Arbeitspunkt ist demzufolge stabil.



**M und ΔM sind die Ursache
für n und Δn**

Bei Aufnahme der zweiten Bremsenkennlinie ergibt sich ein anderes Bild. Beim Vermindern der Drehfrequenz durch Reduzierung der Kraftstoffzufuhr sinkt die Drehzahl zu stark ab und lässt sich nicht wieder erhöhen. Statt einer Reduzierung der Drehfrequenz um 200/min muss eine Reduzierung um 540/min akzeptiert werden. Dies ist auf einen indifferenten Arbeitspunkt zurückzuführen. D. h. die Bremsenkennlinie schneidet die Motorkennlinie unter annähernd gleicher Steigung. Einer Drehmomenterhöhung des Motors steht eine annähernd gleiche Erhöhung des Lastmoments gegenüber



Ottomotor – Gleichstrommaschine

Bei der ersten Messreihe, unter Drehfrequenzregelung, ist ersichtlich, dass der Motor bei einer festen Drehfrequenz (hier 2400/min) unterschiedliche Drehmomente abgeben kann. Bei Erhöhung der Kraftstoffzufuhr stellt sich immer ein stabiler Arbeitspunkt ein. Demnach schneidet sich die Kennlinie der Bremse (bei Drehfrequenzregelung) mit den Motorkennlinien (von Teilgas bis Vollgas) unter einem großen Winkel.

Bei Drehmomentregelung der Gleichstrommaschine lassen sich bis zu einer Drehfrequenz von 3000/min ebenfalls alle Arbeitspunkte halten. Ab dieser Drehfrequenz fällt das Bremsmoment der Gleichstrommaschine jedoch hyperbolisch ab. Das Motormoment ist größer als das Bremsmoment. Es kommt zu einem instabilen Arbeitspunkt. Die Drehzahl steigt stark an, bis sich im höheren Drehfrequenzbereich wieder ein stabiler Arbeitspunkt einstellt. Liegt dieser stabile Arbeitspunkt jedoch über der Höchstdrehzahl des Motors, so kann dieses „Durchgehen“ zur Zerstörung des Motors führen.

Folglich wird die anschließende Aufnahme einer Teilgaskennlinie bei Drehfrequenz- und nicht bei Drehmomentregelung der Gleichstrommaschine durchgeführt. Ausgehend vom letzten Messpunkt wird die Drosselklappenstellung konstant gehalten und die Drehfrequenz über Verringerung der n-Vorgabe erniedrigt. Somit stellt sich bei jeder n-Vorgabe ein stabiler Arbeitspunkt ein und die Kennlinie lässt sich problemlos aufnehmen.

Datenblatt Versuch A:

1. Bremse bei konst. Elektromagnetischer Erregung:

F/N	106	103	101	97	94	89	85	80	72	124	120	115	110	106
n/1/s	68,80	64,10	57,90	52,60	48,20	42,70	37,50	32,40	26,40	42,10	37,90	34,20	30,40	27,10
M/Nm	74,45	72,35	70,94	68,13	66,03	62,51	59,70	56,19	50,57	87,10	84,29	80,78	77,26	74,45

2. Motor bei konst. Einstellung des Drehzahlverstellhebels:

F/N	118	122	123	124	122	122	120	119	117	117	117	115	113	110	101	11
n/1/s	31,50	34,00	36,50	38,30	41,60	45,70	46,90	52,60	55,90	58,60	61,40	65,00	65,90	68,50	69,70	81,30
M/Nm	82,88	85,69	86,40	86,75	85,69	85,69	84,29	83,59	82,18	82,18	82,18	80,78	79,37	77,26	70,94	7,73

Datenblatt Versuch B:

1. Bremse n- geregelt

bzw.

M- geregelt:

F/kp	1,1	1,9	3,2	4,2	5,1	6,2	7	7,5	3	3	3	3	1,6
F/N	10,8	18,6	31,4	41,2	50	60,8	68,6	73,5	29,4	29,4	29,4	29,4	15,7
n/1/s	30,20	30,20	30,10	30,10	30,20	30,20	30,20	30,20	28,50	33,00	41,50	46,00	78,20
M/Nm	7,72	13,34	22,47	29,49	35,81	43,53	49,15	52,66	21,06	21,06	21,06	21,06	11,23

2. Motor bei Teilgas:

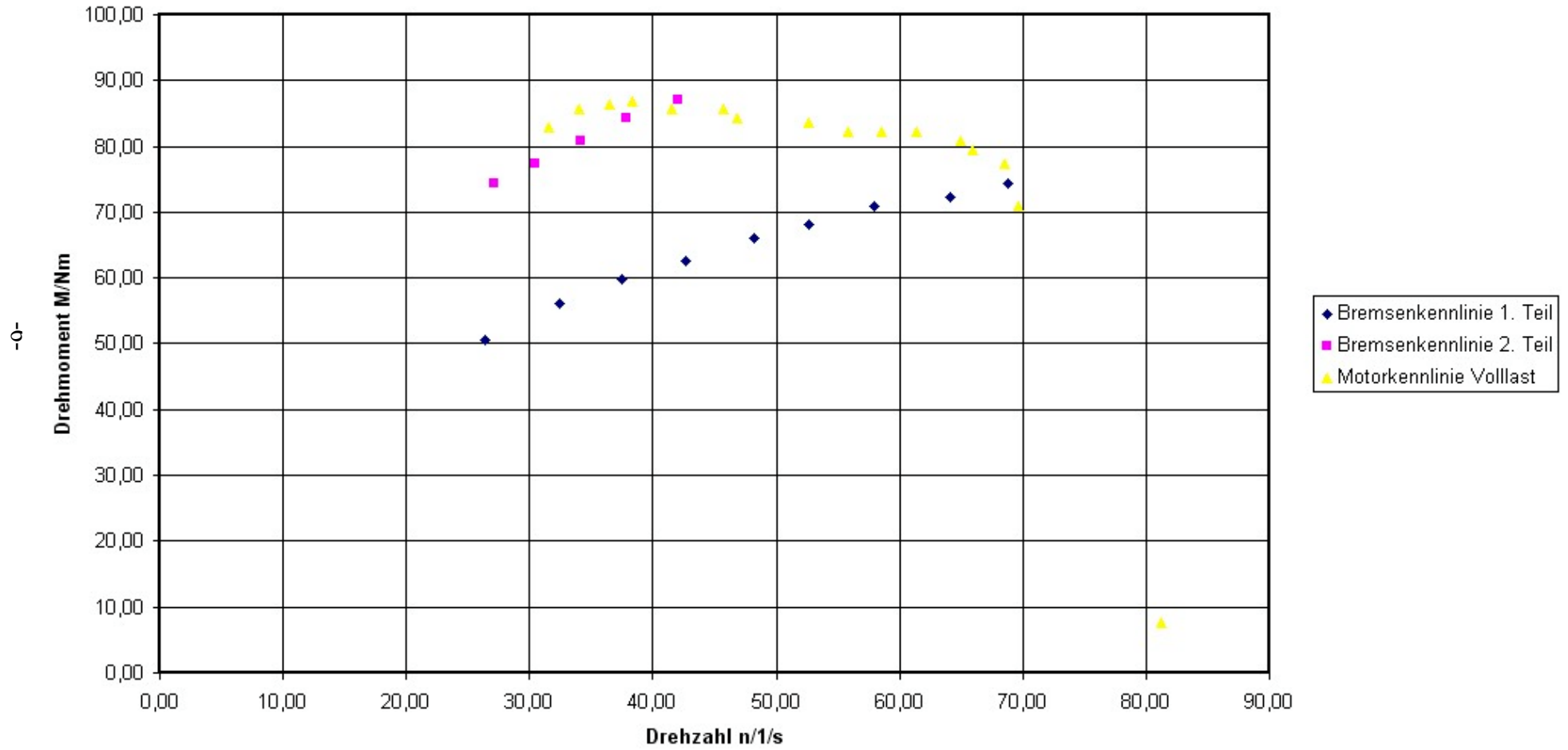
F/kp	1,7	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4,1	4,4	4,9	5,3	5,7
F/N	16,7	19,6	23,5	27,5	31,4	35,3	40,2	43,1	48	52	55,9
n/1/s	78,2	75,0	70,0	65,0	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	35,0	30,0
M/Nm	11,94	14,04	16,85	19,66	22,47	25,28	28,79	30,89	34,41	37,21	40,02

3. Motor bei Vollgas (= Volllast)

n/1/s	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
M/Nm	51,6	53	54,5	55,2	55,5	55,2	54,5	53,4	51,6	49,5	47,1	44,6	41,8
F/N	72	74	76,1	77,1	77,5	77,1	76,1	74,6	72	69,1	65,8	62,3	58,4

Daten siehe auch Messprotokoll im Anhang

Kennlinie Dieselmotor- Wirbelstrombremse



Kennlinie Ottomotor- Gleichstrommaschine

