

Physik

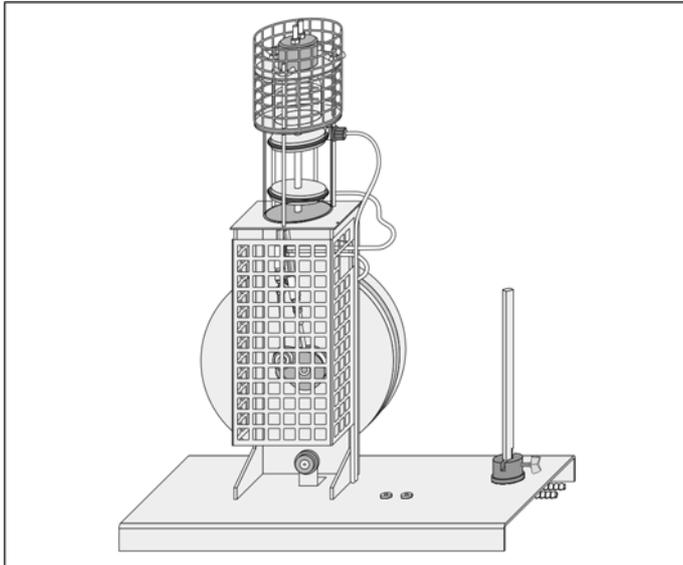
Chemie · Biologie

Technik



Lehr- und Didaktiksysteme
LD Didactic GmbH
Leyboldstraße 1 · 50354 Hürth

06/05-Hke/Sel



Gebrauchsanweisung 388 182

Heißluftmotor (388 182)

1 Beschreibung

Der Heißluftmotor ist eine für Ausbildungszwecke optimierte Nachbildung des Stirlingschen Heißluftmotors mit gläsernem Zylinder und gläsernem Verdrängerkolben: Er dient zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der Vorgänge in einem thermodynamischen Kreisprozess und kann als Wärmekraftmaschine oder als Wärmepumpe und Kältemaschine betrieben werden.

2 Lieferumfang

- 1 Heißluftmotor
- 1 Zylinderkopf-Deckel mit Heizwendel, montiert
- 1 Schutzrohr, für Heizwendel
- 1 Zylinderkopf-Deckel mit Schraubdichtung
- 1 Satz 10 Reagenzgläser
- 1 Demonstrationsschnur (als Reibband)
- 1 Antriebsriemen
- 1 Handgriff
- 1 Vierkant-Stativstab
- 1 Flasche Silikonöl, 20 ml (388 21)

Sicherheitshinweise

Die Glasbauteile des Heißluftmotors dürfen thermisch nicht zu stark belastet werden.

- Heißluftmotor nicht ohne Kühlwasser betreiben und einwandfreien Kühlwasserumlauf überprüfen.
- Temperatur des eintretenden Kühlwassers nicht über 30 °C ansteigen lassen.
- Heizwendel nicht im Dauerbetrieb und nur bei schnell laufendem Motor auf hohe Temperaturen (Gelbglut) heizen.

Der Heißluftmotor als Wärmekraftmaschine ist nicht selbst anlaufend und bleibt z.B. nach einem Stromausfall stehen. Auch Blockieren der Kolbenstangen und Lager kann einen Stillstand der Maschine verursachen. Bei einem Stillstand wird die dem Zylinderkopf zugeführte Wärme nicht ausreichend abgeführt.

- Bei stehender Maschine Zylinderkopf nicht permanent heizen.
- Heißluftmotor nicht ohne Aufsicht laufen lassen.
- Bei einem Stillstand elektrische Heizung sofort ausschalten.
- Kolbenstangen und Lager durch Aufsetzen des Schutzgitters vor unbefugtem Zugriff schützen.

Glasbauteile sowie Kolbenstangen und Lager des Heißluftmotors können bei unsachgemäßem Transport beschädigt werden.

- Zum Transport Heißluftmotor immer am Fuß anfassen.

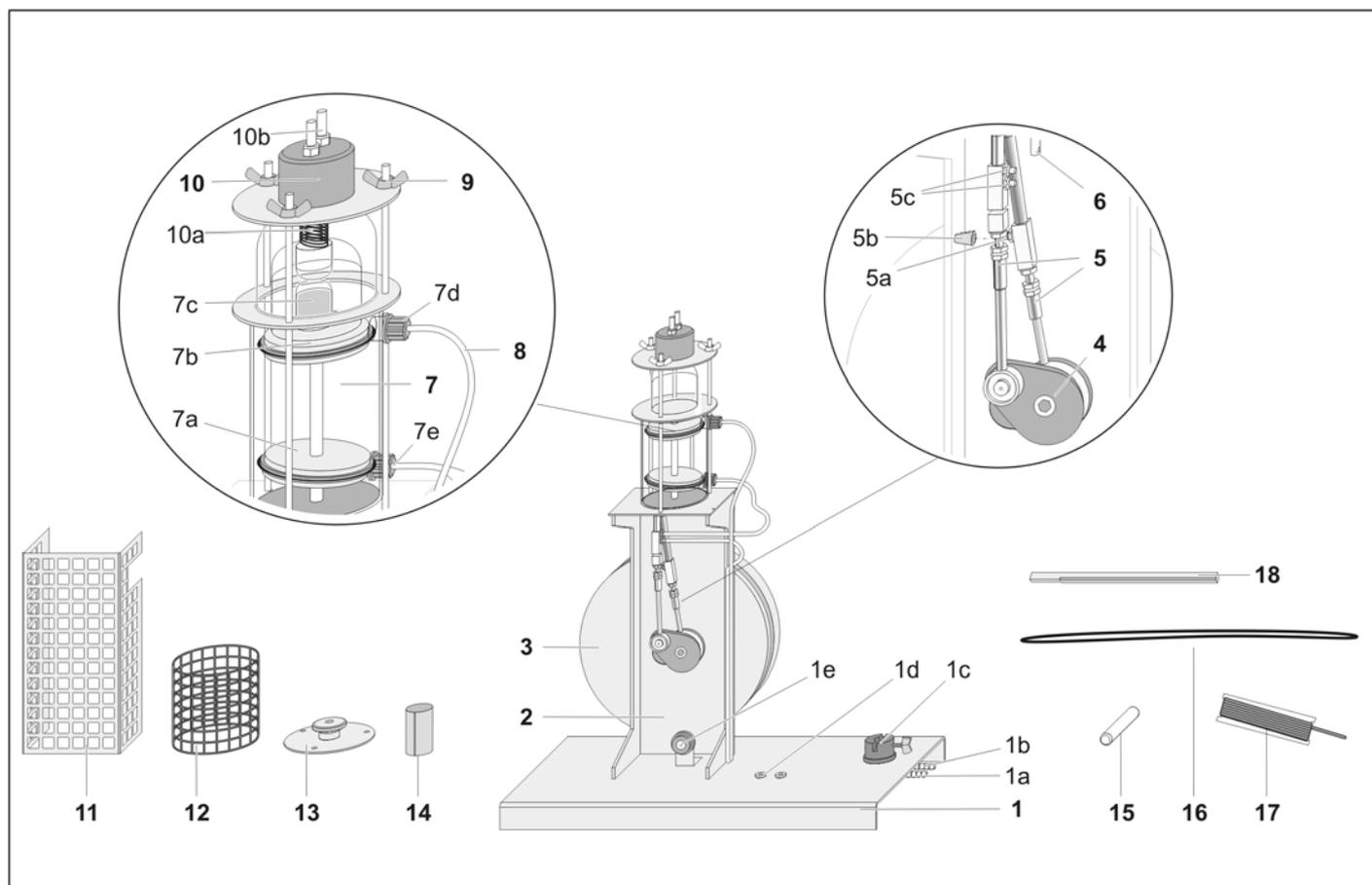
Beide Kolben des Heißluftmotors müssen regelmäßig mit Silikonöl geschmiert und gegen die Zylinderwand abgedichtet werden. Bei ungenügender Schmierung wird der Motor laut und läuft nur noch mit verringerter Drehzahl.

- Heißluftmotor insbesondere bei Erstinbetriebnahme und nach längerer Betriebspause mit Silikonöl schmieren.

Achtung: Zylinderkopf-Deckel und Anschlussbuchsen werden bei längerem Betrieb mit maximaler Heizleistung sehr heiß.

- Schutzgitter des Zylinders montieren.
- Heißluftmotor vor Entfernen der Anschlusskabel oder vor Austausch des Zylinderkopf-Deckels abkühlen lassen.

3 Komponenten



- 1 Fuß**
Kühlwasserablauf (1a), Kühlwasserzulauf (1b), Muffe (1c), 4-mm-Bohrungen (1d), Umlenkrolle (1e)
- 2 Träger**
- 3 Schwungradscheibe**
- 4 Kurbelwelle**
- 5 Kolbenstangen**
Schlauchwelle für Drucksensor (5a), Verschlussstopfen (5b), Schlauchwellen für Kühlwasser (5c)
- 6 Stift mit Öse**, mit Arbeitskolben verbunden
- 7 Zylinder**
Arbeitskolben (7a), Verdrängerkolben (7b), Kupferwolle (7c), Kühlwasserablauf (7d), Kühlwasserzulauf (7e)
- 8 Kühlwasserschlauch**, mit GL18-Verschraubungen
- 9 Gewindestangen**, mit Flügelmuttern
- 10 Zylinderkopf-Deckel**
mit Heizwendel (10a), Anschlussbuchsen (10b)
- 11 Schutzgitter des Trägers**
- 12 Schutzgitter des Zylinders**
- 13 Zylinderkopf-Deckel** mit Schraubdichtung
- 14 Schutzrohr**, für Heizwendel
- 15 Handgriff**
- 16 Antriebsriemen**
- 17 Demonstrationsschnur**
- 18 Vierkant-Stativstab**

4 Technische Daten

Wärme­kraft­ma­schine:

Leistung:	ca. 10 W
Heizleistung:	ca. 300 W
Anschluss­spannung:	6-20 V

Wärmepumpe und Kältemaschine:

maximale Temperatur:	ca. 100 °C
minimale Temperatur:	ca. - 30°C

Zylinder:

Innendurchmesser:	60 mm
minimales Gasvolumen:	ca. 200 cm ³
maximales Gasvolumen:	ca. 350 cm ³
Hubraum:	ca. 150 cm ³
Kompression:	ca. 1:2,1

Schwungscheibe:

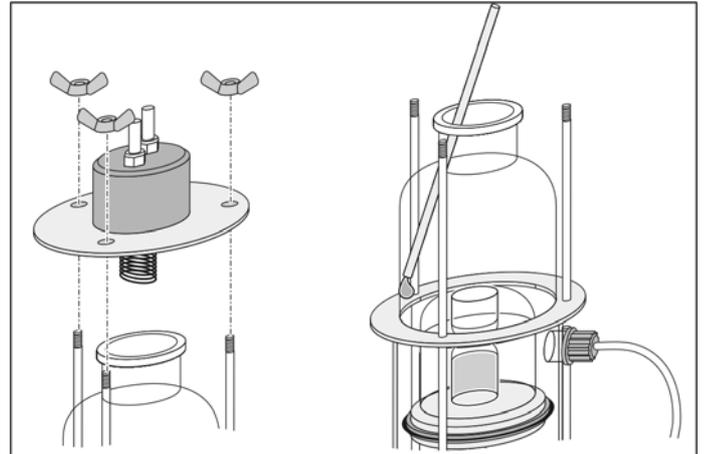
Außendurchmesser:	25 cm
Durchmesser der Welle:	2,5 cm
Masse:	4,25 kg
Trägheitsmoment:	0,043 kg m ²

Allgemeine Daten:

Kühlwasserumlauf:	0,1-1 l min ⁻¹
Abmessungen:	50 cm × 25 cm × 65 cm
Masse:	15 kg

5 Inbetriebnahme

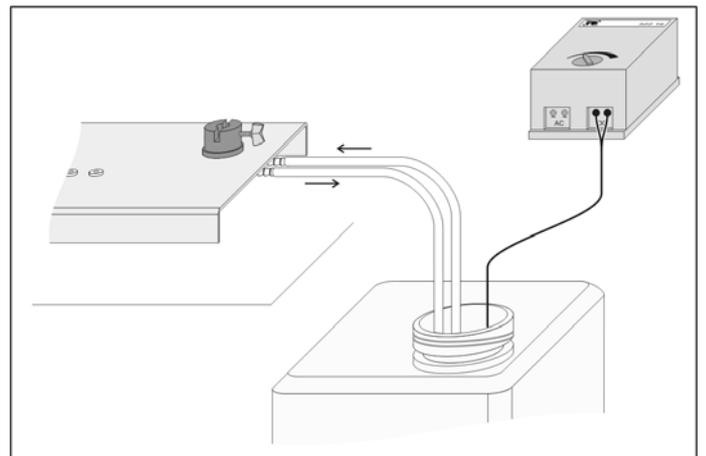
5.1 Schmierung



Beide Kolben des Heißluftmotors müssen regelmäßig mit Silikonöl geschmiert werden. Bei ungenügender Schmierung wird der Motor laut und läuft nur noch mit verringerter Drehzahl. Die Schmierung ist insbesondere bei Erstinbetriebnahme und nach längerer Betriebspause notwendig.

- Flügelmuttern der Gewindestangen entfernen und Zylinderkopf-Deckel abnehmen.
- Verdrängerkolben durch Drehen der Schwungscheibe in den unteren Totpunkt fahren.
- Einen Tropfen Silikonöl (Lieferumfang der Heißluftmotors) mit einem Trinkhalm aus der Flasche entnehmen.
- Silikonöl in den Zylinder einbringen und auf der Innenwand verteilen, so dass es nach unten auf den oberen Dichtring läuft und, da die Dichtung nicht völlig dicht ist, nach kurzer Zeit auch auf den unteren Dichtring gelangt.

5.2 Kühlwasserversorgung:



zusätzlich erforderlich:

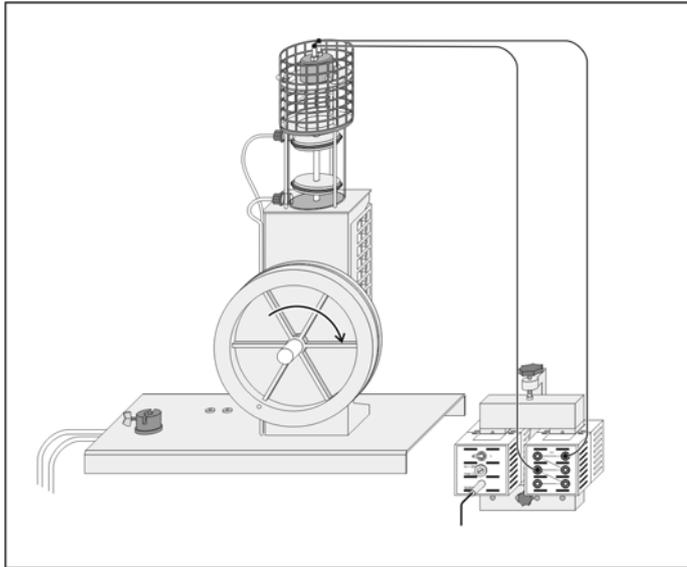
1 Tauchpumpe 12 V	388 181
1 Kleinspannungs-Netzgerät, 3,6,9,12 V/3 A	522 16
2 Silikonschläuche, 1m	667 194
1 Wasserbehälter (mindestens 10 l)	

oder

Wasseranschluss mit fließendem Wasser und Wasserabfluss.

6 Heißluftmotor als Wärmekraftmaschine

6.1 Betrieb als Wärmekraftmaschine:



zusätzlich erforderlich:

1 U-Kern mit Joch	562 11
1 Spannvorrichtung	562 12
1 Netzspule mit 500 Windungen für 230 V	562 21
1 Kleinspannungsspule, 50 Windungen	562 18

- Zylinderkopf-Deckel mit Heizwendel montieren; dabei auf Markierung achten.
- Schwungradscheibe drehen und Heißluftmotor auf Dichtheit überprüfen; ggf. Schlauchwelle für Drucksensor mit Verschlussstopfen verschließen.
- 12-V-Ausgang des zerlegbaren Transformators an 4-mm-Buchsen des Zylinderkopf-Deckels anschließen.
- Netzspule einschalten und Heizwendel beobachten.

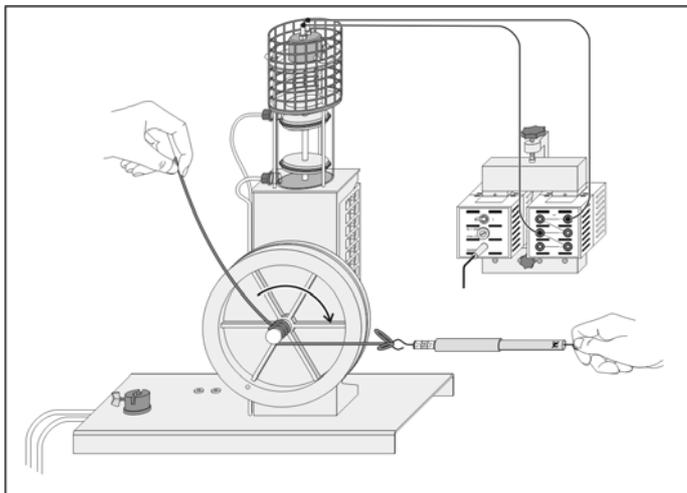
Sobald die Heizwendel des Zylinderkopf-Deckels rot glüht:

- Durch Drehen der Schwungradscheibe im Uhrzeigersinn Heißluftmotor anwerfen.

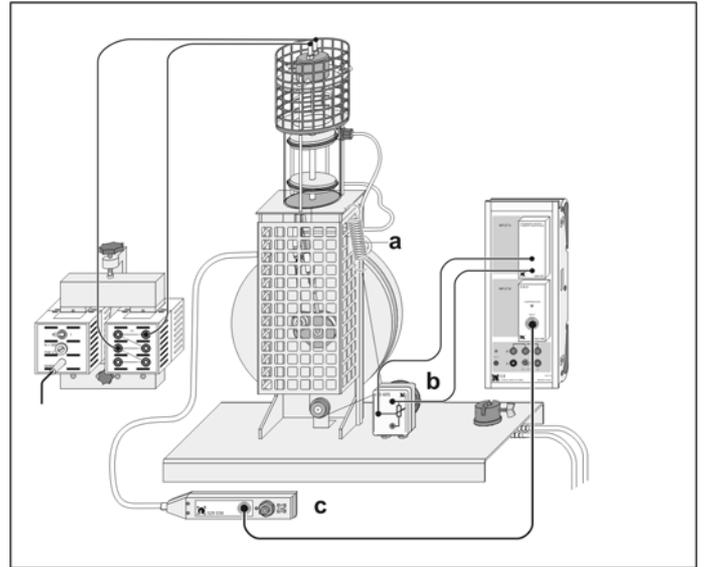
Wenn der Heißluftmotor trotz mehrmaligem Anwerfens nicht anspringt:

- Netzspule unbedingt ausschalten und Aufbau überprüfen.

6.3 Abbremsen der Wärmekraftmaschine:



6.2 Aufzeichnung des pV-Diagramms:



zusätzlich erforderlich:

1 Sensor-CASSY	524 010
1 CASSY Lab	524 200
1 Stromquellen-Box	524 031
1 B-Box	524 038
1 Wegaufnehmer	529 031
1 Drucksensor	529 038
1 Verbindungskabel, 6polig, 1,5 m	501 16
1 Angelschnur, 10 m	309 48
1 Schraubenfeder, 5 N; 0,25 N/cm	352 08

- Verschlussstopfen entfernen und Schlauch des Drucksensors **(c)** aufschieben, so dass er fest sitzt.
- Schraubenfeder **(a)** in Öse des Trägers hängen und Wegaufnehmer **(b)** montieren
- Angelschnur an Stift mit Öse fest knüpfen über die Umlenkrolle zum Wegaufnehmer führen und anderes Ende an der Schraubenfeder fest knüpfen.
- Wegaufnehmer an Stromquellen-Box und Drucksensor an B-Box des Sensor-CASSY anschließen.

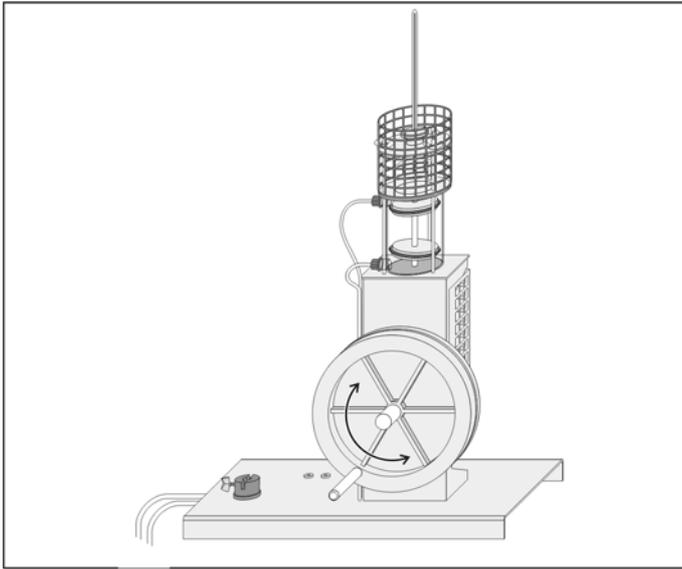
zusätzlich erforderlich:

1 Präzisions-Kraftmesser, 20 N	314 181
--------------------------------	---------

- Als Reibband ein etwa 1,5 m langes Stück Demonstrationschnur abschneiden, ein Ende zu einer Öse schlingen und Kraftmesser einhängen.
- Kraftmesser mit der rechten Hand halten und Reibband von unten her mit der linken Hand etwa dreimal in Drehrichtung um die Kurbelwelle schlingen.
- Maschine auf etwa halbe Leerlaufdrehzahl abbremsen, benötigte Kraft F ablesen und daraus das Drehmoment der Wärmekraftmaschine abschätzen.

7 Heißluftmotor als Wärmepumpe und Kältemaschine

7.1 Antrieb mit Handkurbel:



zusätzlich erforderlich:

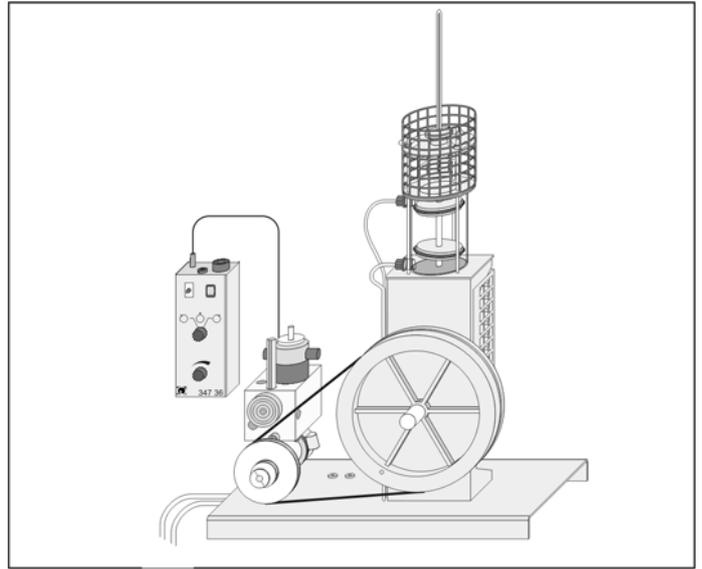
1 Thermometer, -50°C bis 120°C	388 19
oder	
1 Digitales Temperaturmessgerät	666 190
1 Thermoelement NiCr-Ni	666 193

- Zylinderkopf-Deckel mit Schraubverschluss montieren und Schraubverschluss abschrauben.
- Thermometer durch Schraubverschluss und Dichtring schieben.
- oder
- Dichtscheibe mit Bohrung einsetzen und Thermoelement durch Schraubverschluss und Bohrung schieben.
- Verdrängerkolben durch Drehen der Schwungscheibe in den oberen Totpunkt fahren und überprüfen, ob die Kupferwolle im Verdrängerkolben gegen das Thermometer bzw. das Thermoelement stößt.
- Thermometer bzw. Dichtscheibe mit Thermoelement durch Anziehen des Schraubverschlusses festklemmen.

Beim Betrieb des Heißluftmotors entsteht Überdruck und die Teile könnten nach oben herausgeschossen werden.

- Schwungscheibe drehen und Heißluftmotor auf Dichtheit überprüfen; ggf. Schlauchwelle für Drucksensor mit Verschlussstopfen verschließen.
- Handkurbel auf das Schwungrad stecken und Heißluftmotor durch Drehen der Schwungscheibe nach rechts als Kältemaschine oder nach links als Wärmepumpe betreiben.

7.2 Antrieb mit Experimentiermotor:

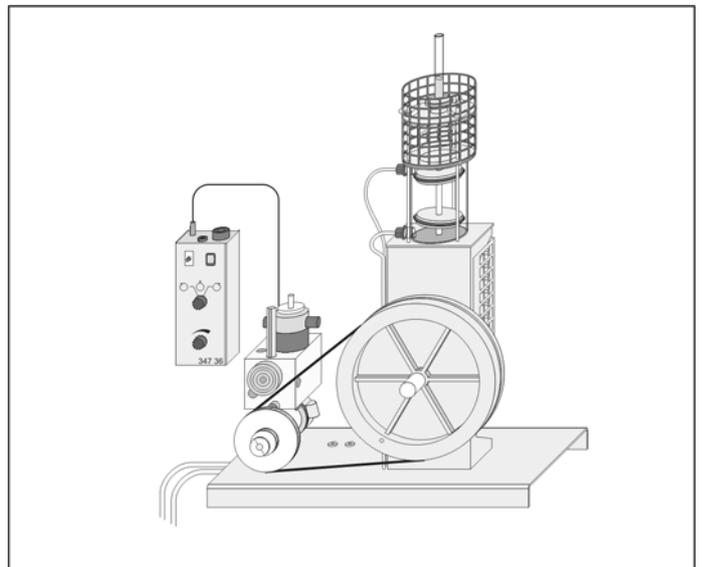


zum Antrieb zusätzlich erforderlich:

1 Experimentiermotor	347 35
1 Steuer- und Regelgerät	347 36

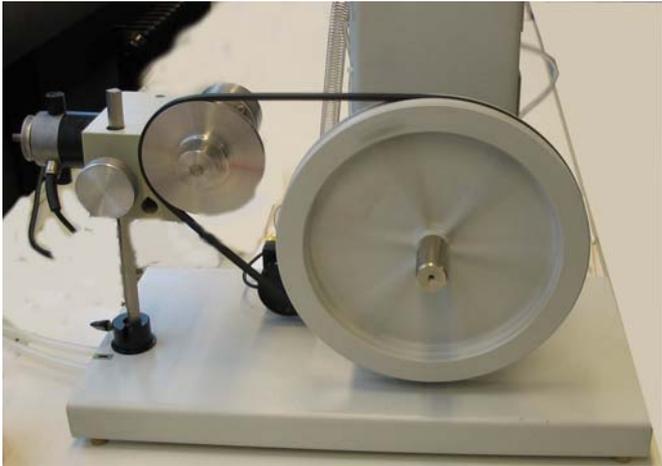
- Vierkant-Stativstab an „kurzem Ende“ in Muffe einspannen.
- Elektromotor an Vierkant-Stativstab montieren, Antriebsriemen über Schwungscheibe spannen. Heißluftmotor mit Steuergerät nach rechts oder nach links drehen lassen.

7.3 Abkühlen und Erwärmen von Wasser:



- Thermometer im Zylinderkopfdeckel durch Reagenzglas (aus Lieferumfang des Heißluftmotors) ersetzen.
- Reagenzglas mit 0,5-1,0 cm³ destilliertem Wasser füllen. Wasser kann unter den Gefrierpunkt abgekühlt und bis zum Siedepunkt erwärmt werden.

7.4 Verwendung des Experimentiermotors mit einem kurzen Keilriemen



Bei Verwendung eines kurzen Keilriemens muss der Motor etwas anders montiert werden, siehe Foto.