

Hochtemperatur-Laboröfen

Der LHT-Hochtemperatur-Laborofen zeichnet sich durch sein kompaktes Design aus. Das macht den LHT zu einem perfekten Gerät für Labore im Forschungs- und Entwicklungsumfeld.

Die LHT-Serie besteht aus den Modellen LHTG, LHTW und LHTM. Der LHTG basiert auf Graphit-Isolierung und -Heizelementen und erreicht standardmäßig 2200 °C; kann jedoch auch für eine Maximaltemperatur von 3000 °C ausgelegt werden. Der LHTW und der LHTM basieren auf metallischen Strahlungsschilden und Heizelementen (W: Wolfram, M: Molybdän). Die maximal verfügbare Temperatur ist 2200 °C für Wolfram und 1600 °C für Molybdän. Die LHT-Serie besitzt einen Nutzraum mit einem Durchmesser von 100 mm und einer beheizten Höhe von 200 mm oder einen Durchmesser von 200 mm und einer beheizten Höhe von 300 mm. Der zylinderförmige Nutzraum ist von den Heizelementen und dem Isoliermaterial umgeben. Diese Heizkassette ist in einen wassergekühlten Kessel integriert. Kleine Nutzvolumina sind besonders für kleine Proben geeignet und resultieren in einer minimalen Gesamtabmessung des kompletten Systems. Inklusiv des Ofens und des Elektronikschaltschranks mit der Softwaresteuerung ist das System auf einer einzigen Standfläche aufgebaut. Für eine einfache Fortbewegung des gesamten Systems sind Rollen an der tragenden Standfläche angebracht. Dies macht den LHT ideal für Wärmebehandlungen in Laboren, beispielsweise in Universitäten oder in der industriellen Forschung. Das zylinderförmige Design ist bestens für Wärmebehandlungen im Überdruck geeignet. Auf Anfrage kann das System mit allen weiteren notwendigen Regelungen für einen sicheren Überdruckbetrieb bis 100 bar ausgestattet werden.

Heizelemente und Isoliermaterial des LHTG sind aus Graphit gefertigt. Bei graphitbasierten LHT-Modellen erfolgt die Temperaturmessung durch Pyrometer. Als Option kann ein Übertemperaturschutz hinzugefügt werden. Dies wird für einen unbeaufsichtigten Betrieb stark empfohlen. In einer Argon-Atmosphäre kann die maximale Temperatur bis 3000 °C erhöht werden. Bei dieser hohen Temperatur muss zwangsweise ein Pyrometer zur Temperaturmessung verwendet werden. Bei Raumtemperatur ist fast keine Wärmestrahlung vorhanden. Um während des Aufheizens des LHTG trotzdem die Temperatur zu überwachen, ist auf Anfrage ein Schiebethermoelement verfügbar.

Die metallischen LHT-Modelle basieren auf Heizelementen und Strahlungsschilden aus Wolfram oder Molybdän für eine Maximaltemperatur von 2200 °C beziehungsweise 1600 °C. Die Strahlungsschilder dienen dazu, die Wärme der Heizelemente in Richtung des wassergekühlten Kessels zu isolieren. Die metallischen Öfen liefern die höchstmögliche Reinheit der Atmosphäre sowie das bestmögliche Endvakuum. Mit einer Turbomolekularpumpe in Kombination mit einer Vorvakuum Pumpe liegt das Arbeitsvakuum im Hochvakuumbereich. Auf Anfrage ist sogar ein Ultrahochvakuum mit demselben System möglich. Hier ist die Leckrate durch den Austausch aller Polymerdichtungen durch metallische Dichtungen reduziert.



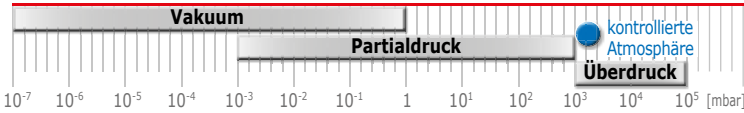
LHTW 200-300/22: Hochtemperaturlaborofen mit einem Durchmesser von 200 mm und einer beheizten Höhe von 300 mm. Die maximale Temperatur beträgt 2200 °C.

Vorteile

- Kompaktes Design geeignet für Labore
- Bestmögliches Vakuum
- Vakuumniveau $< 5 \times 10^{-6}$ mbar
- Partialdruck 10 – 1000 mbar
- Überdruckbetrieb bis 100 bar möglich
- Hochtemperatur-Toploader bis 3000 °C mit Graphit
- Wasserstoffpartialdruckbetrieb auf Anfrage
- Kontrollierte Evakuierung geeignet für Pulver
- Datenaufzeichnung für Qualitätsmanagement

Typische Anwendungen

Härten, Anlassen, Glühen, Tempern, Hart-/Weichlöten, Entgasen, Pyrolyse, Silizieren, Carbonisieren, Rapid-Prototyping, Sintern, Entbindern, Synthese, Sublimation, Trocknen, MIM, CIM



LHT – Laboröfen bis 3000 °C

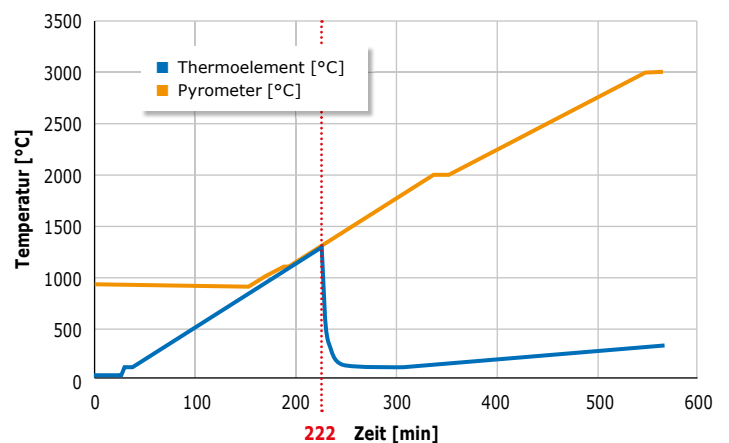
Technische Details

LHT-Modelle werden aufgrund ihres kleinen Volumens durch einen einzigen Mantelheizer beheizt. Das Temperaturprofil im Innern ist besser als ± 10 K. Diese Homogenität wird durch sorgfältiges Engineering und Positionieren der Heizelemente erreicht.

Der LHTG basiert auf Graphit-Heizelementen und -Isoliermaterial. Falls eine Maximaltemperatur von 3000°C erforderlich ist, müssen die Isolationsdicke und die Graphit-Isolierschichten spezifisch ausgelegt werden, um den extremen Temperaturen standzuhalten. Die installierte Leistung muss ebenfalls angepasst werden, um 3000°C mit einer hohen Heizrate zu erreichen. Die Heizkassette ist von einem wassergekühlten Kessel umgeben und der Ofen mit allen notwendigen Flanschen, Thermoelementen, Elektroanschlüssen und dem Pyrometer ausgestattet. Der Vakuumkessel ist doppelwandig und wassergekühlt. Die Stromkabel sind ebenfalls wassergekühlt.

Der LHTM und der LHTW sind aus metallischen Materialien konstruiert und standardmäßig mit neun Strahlungsschilden und einem Mantelheizer ausgestattet. Der Mantelheizer ist für die höchste Stabilität konzipiert. Zwei verschiedene Heizelemente sind verfügbar. Die Standardheizelemente bestehen aus mehreren Molybdän- oder Wolframstreifen; auf Anfrage ist jedoch auch ein Netzheizer erhältlich. Eine Retorte kann die Probe zusätzlich schützen und die Temperaturhomogenität verbessern.

Die Softwarebedienung ist als manuelle oder automatische Version verfügbar. Bei der manuellen Version werden alle Ventile oder Pumpen durch die Berührung von Schaltflächen des Bedienpanels von Hand bedient. Der Gasfluss wird über ein Rotameter eingestellt. Der automatische Ofen wird nur über ein Touch-Panel bedient und der Gasfluss über einen Massendurchflussregler gesteuert. Für die manuelle als auch die automatische Bedienung ist eine Datenerfassung für eine weitere Auswertung möglich.



Der Graph zeigt eine typische Aufheizkurve des LHTG. Beginnend bei Raumtemperatur zeigt das Schiebethermoelement (blaue Kurve) die Temperatur im Innern des Ofens. Nach etwa 222 Minuten wird das Schiebethermoelement automatisch aus dem Ofen bewegt und stattdessen zeigt das Pyrometer die aktuelle Temperatur. Das System wird mit 5 K/min auf bis zu 3000°C aufgeheizt.

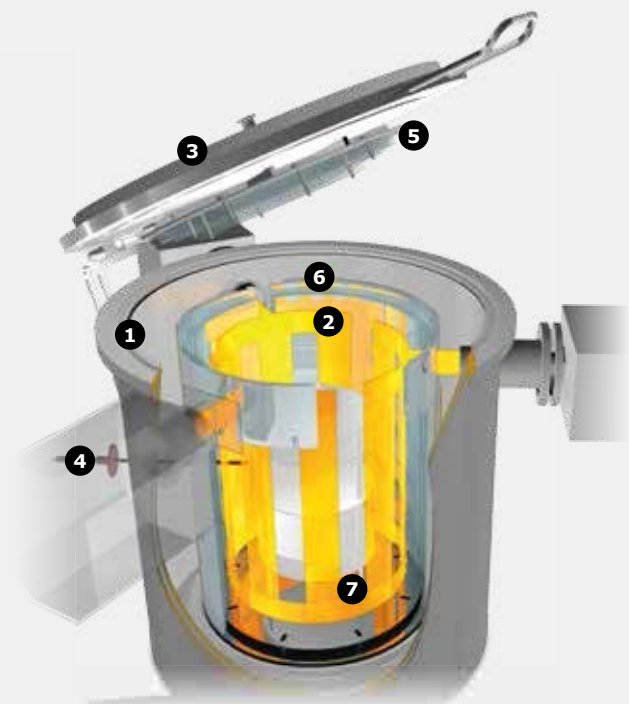
Innenansicht



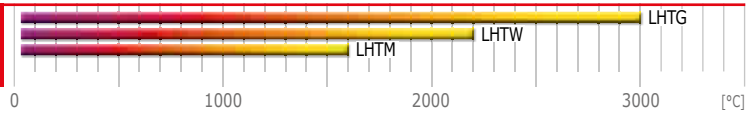
Auf Anfrage ist ein Netzheizer verfügbar



Mantelheizer aus metallischem Material



- 1 Wassergekühlter Kessel
- 2 Heizelement-Mantelheizer
- 3 Obere Abdeckung, manuelle Bedienung
- 4 Thermoelement
- 5 Strahlungsschild an der oberen Abdeckung
- 6 Strahlungsschild für den Mantelheizer
- 7 Kurzschlussring



Optionen

Alle LHT-Modelle können mit verschiedenen Optionen ausgestattet werden. Verfügbar sind unterschiedliche Pumpeinheiten, verschiedene Software-Systeme sowie zusätzliche Reaktions- und Inertgase.

Vakuumsystem:

Die LHT-Modelle können mit einer Vorpumpe für Vorvakuumbetrieb ausgestattet werden. Für Feinvakuumbetrieb ist der Standard eine Vorpumpe kombiniert mit einer Wälzkolbenpumpe. Für den Hochvakuumbetrieb wird eine Vorpumpe in Kombination mit einer Turbomolekularpumpe empfohlen.

- Eine Turbomolekularpumpe mit einer Pumpleistung von 300l/s wird für den LHTM empfohlen.
- Turbomolekularpumpen mit höheren Pumpleistungen sind auf Anfrage erhältlich.
- Vorpumpen sind zweistufige Drehschieberpumpen.
- Andere Pumpen sind auf Anfrage erhältlich.

Software:

Die Softwarebedienung der LHT-Modelle geschieht manuell oder automatisch. Im automatischen Modus nutzt das System die Software TP 1900 oder WinCC. Beide besitzen ein Touch-Panel mit benutzerfreundlicher Oberfläche. Durch die Visualisierung des Ofenbetriebs ist die Bedienung besonders leicht und intuitiv. WinCC umfasst zusätzliche Funktionen. Beide Softwaresysteme unterstützen eine Datenaufzeichnung für eine spätere Auswertung.

- TP 1900: 20 Heizprogramme mit je 25 Segmenten.
- WinCC: 50 Heizprogramme mit je 30 Segmenten.

Manuelle Öfen werden mit einem KP 300-Panel in Kombination mit Eurotherm-Reglern bedient. Die Ventile und Pumpen werden durch das Drücken von Tasten aktiviert. Zur Datenaufzeichnung ist eine Schnittstelle und iTools-Software verfügbar. Im manuellen Betrieb sind zwei verschiedene Regler verfügbar.

- Eurotherm 3508: 10 verschiedene speicherbare Programme mit 500 Segmenten
- Eurotherm 3508: 50 verschiedene speicherbare Programme mit 500 Segmenten
- RS 232/485
- iTools Option
- Übertemperaturschutz (empfohlen bei unbeaufsichtigtem Betrieb)
- Remote-Control

Präzise Datenaufzeichnung mit der iTools-Software. Sämtliche relevante Daten werden gespeichert und können nach der Wärmebehandlung ausgewertet werden.

Reaktionsgasausstattung:

Falls mehr als 4% Wasserstoff im Gasgemisch verwendet wird, wird der Ofen mit einem Nachbrenner ausgestattet. Der Gasauslass kann zusätzlich beheizt werden, um einer möglichen Kondensation vorzubeugen. Auf Anfrage sind auch mehr als ein Inertgas an den Ofen anschließbar. Um die Heizelemente zu schützen oder eine definierte Gasführung durch den Ofen sicherzustellen, kann eine Retorte eingebaut werden.

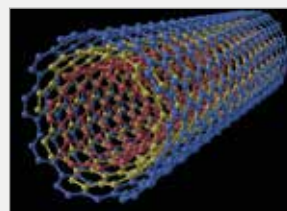
- Reaktionsgasausstattung
- Sicherheitspaket für brennbare Gase
- Entbinderungseinheit mit aktiver Flamme zur Verbrennung
- Mehr als ein Inertgas
- Retorte

LHT-Modell mit Reaktionsgasausstattung; sämtliche Sicherheitsvorkehrungen sind enthalten.



Anwendungsbeispiel

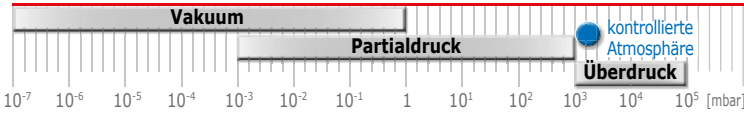
Carbon Nanotubes (Kohlenstoff-Nanoröhren)



Da der LHT sowohl als metallisches System als auch als Graphit-System angeboten wird, ist der Anwendungsbereich sehr vielfältig. Ein typisches Anwendungsbeispiel des LHTG ist die Synthese von Carbon-Nanotubes. Da die graphitbasierten LHT-Modelle Temperaturen bis

3000 °C ermöglichen und bei Carbon-Nanotubes Kohlenstoff in der Atmosphäre die Probe nicht beschädigt, ist der LHTG das Modell der Wahl für diese Anwendung.

Carbon-Nanotubes (CNT) basieren auf Kohlenstoff. CNTs sind zylindrische Röhren aus Kohlenstoffatomen mit einem Innendurchmesser kleiner 0,9 nm. Sie stehen im Fokus von Forschung und Entwicklung aufgrund ihrer hervorragenden mechanischen Stabilität sowie ihrer elektrischen Leitfähigkeit. Mögliche Anwendungen sind der Einsatz als Feldemitter mit hohem Richtstrahlwert oder die Verwendung von CNTs als Füllstoffe in Verbundwerkstoffen. Diese Materialien sind bis 2000 °C stabil. Ein Wärmebehandlungsprozess wird für die Beseitigung von Strukturdefekten, beispielsweise metallischen Verunreinigungen und Gitterdefekten, verwendet. Eine Wärmebehandlung kann auch die Struktur selbst verändern und von einem einwandigen Carbon-Nanotube ("single-walled nano tube", SWNT) zu einem doppelwandigen Carbon-Nanotube ("double-walled carbon nano tube"), DWNT oder sogar zu einem mehrwandigen Carbon-Nanotube ("multi-walled carbon nano tube", MWNT) führen. DWNTs und MWNTs sind verglichen mit SWNT sehr viel stabiler. Diese strukturellen Veränderungen treten bei Temperaturen zwischen 1800 °C und 2000 °C in einer Argon Atmosphäre auf.



LHT – Laboröfen bis 3000 °C

Technische Daten



Modell

	Graphit				Molybdän		Wolfram	
	LHTG 100-200/22-1G	LHTG 100-200/30-1G	LHTG 200-300/22-1G	LHTG 200-300/30-1G	LHTM 100-200/16-1G	LHTM 200-300/16-1G	LHTW 100-200/22-1G	LHTW 200-300/22-1G

Außenabmessungen

H x B x T [mm]	1800 x 1900 x 1000				1800 x 1900 x 1000		1800 x 1900 x 1000	
----------------	--------------------	--	--	--	--------------------	--	--------------------	--

Transportgewicht

Gesamtanlage [kg]	780	1000	900	1500	800	950	850	1000
-------------------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

Nutzraum

Kammervolumen [l]	1,5	1,5	10	10	1,5	10	1,5	10
Ø x h, Nutzraum ohne Retorte [mm]	100 x 200	100 x 200	200 x 300	200 x 300	100 x 200	200 x 300	100 x 200	200 x 300
Ø x h, Nutzraum mit Retorte [mm]	90 x 200	90 x 200	180 x 300	180 x 300	90 x 200	180 x 300	90 x 200	180 x 300

Thermische Kennwerte

T _{max} Vakuum [°C]	2200	2200	2200	2200	1600	1600	2200	2200
T _{max} Atmosphärendruck [°C]	2200	3000	2200	3000	1600	1600	2200	2200
ΔT, zwischen 500 °C und 2200 °C [K] (nach DIN 17052)	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Maximale Aufheizrate bis 2000 °C [K/min]	10	20	10	20	10	10	10	10
Abkühlzeit [h]	4	5	5	7	2,5	4	3	5

Anschlusswerte

Leistung [kW]	22	40	45	85	22	45	45	90
Spannung [V]	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)	400 (3P)
Strom [A]	3 x 55	3 x 100	3 x 65	3 x 120	3 x 55	3 x 65	3 x 112,5	3 x 130
Vorsicherung [A]	3 x 63	3 x 125	3 x 80	3 x 160	3 x 63	3 x 80	3 x 160	3 x 160

Vakuum (Option)

Leckrate Behälter (sauber, kalt und leer) [mbar l/s]	< 5 x 10 ⁻³				< 5 x 10 ⁻³		< 5 x 10 ⁻³	
Arbeitsvakuum, abhängig vom Pumpstand	Grob- oder Feinvakuum				Grob-, Fein- oder Hochvakuum		Grob-, Fein- oder Hochvakuum	

Erforderliches Kühlwasser

Benötigter Wasserfluss [l/min]	20	30	50	75	30	50	50	75
Maximale Eintrittstemperatur [°C]	23	23	23	23	23	23	23	23

Gasversorgung

Stickstoff oder Argon (weitere auf Anfrage) [l/h]	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500	50-500
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Regler

Manuelle Ausführung	KP 300-Panel und Eurotherm-Regler				KP 300-Panel und Eurotherm-Regler		KP 300-Panel und Eurotherm-Regler	
Automatische Ausführung	Siemens				Siemens		Siemens	