

Schlussbericht, Dezember / 2002

Projekt 33646: Wäschetrockner für das Mehrfamilien- haus und das Kleingewerbe (L/L) Wärmepumpe in einen Wäschetrockner integrieren und zur Marktreife entwickeln

Ausgearbeitet durch
Willi Ulmer / Ernst Dober
V-ZUG AG
Industriestrasse 66, 6301 Zug

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
1.1	Maschinelles Wäschetrocknen	4
1.2	Energie-Deklaration	4
2	Projekt Wäschetrockner mit Wärmepumpe für das Mehrfamilienhaus und das Kleingewerbe	5
2.1	Marktsituation - Stand der Technik	5
2.2	Der Wärmepumpen-Trockenprozess	5
2.3	Anforderungen an einen Wärmepumpentrockner für das Mehrfamilienhaus	6
3	Projektentwicklung	6
3.1	Kostenproblematik	6
3.2	Technische Probleme	7
3.3	Lösungskonzept	8
3.4	Projekttablauf	8
4	Projektergebnis: Wäschetrockner mit Wärmepumpe	9
4.1	Technische Beschreibung	9
4.1.1	Das Wärmepumpen-Modul	9
4.1.2	Das Grundgerät	9
4.1.3	Die Prozess-Steuerung und die Programmausrüstung	10
4.2	Anpassung an extreme Prozess- und Umgebungsbedingungen	10
4.2.1	Niedrige Umgebungstemperatur bei Prozessbeginn	10
4.2.2	Hohe Umgebungstemperatur bei Prozessende	10
4.3	Zusammenfassung der erreichten Ziele	11
	Anhang 1 Aufbauschema Wäschetrockner mit Wärmepumpe (systematisch)	12
	Anhang 2 Aufbau Wäschetrockner mit Wärmepumpe (mit Baugruppen)	13
	Anhang 3 Auszug aus Patentschrift	14

Projektförderungen

Dieser Bericht ist mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Energie entstanden. Für Inhalt und Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Im Kanton BS wurden während 1 ½ Jahren 100 Wäschetrockner der Energieklasse **A** mit je Fr. 500.- subventioniert.

1 Ausgangslage

Wäsche, wie sie im Haushalt und im Gewerbe verwendet wird, wird nach wie vor nass gewaschen und muss demzufolge getrocknet werden. Pro Haushalt und Jahr werden durchschnittlich 200 Chargen gewaschen.

Getrocknet wird - systemunabhängig - durch Verdunsten und Abtransportieren der Feuchtigkeit mittels warmer Luft.

Die Urform des Trocknens ist: Aufhängen der Wäsche an der Leine im Freien oder hausintern in einem Trockenraum (passive Trocknung). Im Winter erfolgt das Aufhängen in einem geheizten und belüfteten Kellerraum, im Sommer im Estrich.

Im Mehrfamilienhaus und in Gewerbebetrieben sind kurze Behandlungszeiten gefordert. Die Wasch- und die Trockenprozesse müssen gleichzeitig laufen und zeitlich so abgestimmt werden, dass ein Chargenwechsel im Waschautomat und im Wäschetrockner gleichzeitig erfolgen kann.

Trocknen an der Leine kann die oben aufgezeigte Leistungsanforderung nur erfüllen, wenn die Trocknung mit einem starken Heissluftgebläse unterstützt wird. Dies bedingt aber einen sehr hohen Energieaufwand.

Der Einsatz eines Raumluftentfeuchters reduziert zwar den Energieaufwand, verlängert aber die Trockenzeit stark. Optimale Energiewerte sind nur erreichbar, wenn die Wäsche eines Waschtages in einem geschlossenen Raum zusammengefasst und anschliessend der Raumluftentfeuchter betrieben wird. Ein Luftaustausch mit dem Freien oder mit Nebenräumen, z. B. durch das Öffnen der Fenster oder Türe, muss vermieden werden. Dies führt zu unerwünscht langen Belegungszeiten der Gemeinschaftswaschanlage und bedingt das strikte Einhalten der Benützungsvorschriften. Wäsche schleppen, aufhängen und abnehmen ist sicher keine attraktive Tätigkeit und das Trocknen an der Leine, bedingt einen ganzen Trockenraum mit einer sperrigen Einrichtung.

1.1 Maschinelles Wäschetrocknen

Seit den 1950-er Jahren werden in der Schweiz Trommel-Wäschetrockner (Tumbler) verwendet. Sie wurden anfänglich hauptsächlich in Gemeinschaftswaschanlagen, in Form von Abluftgeräten mit offenem Luftkreis, eingesetzt. Zu Systemen mit Kondensationseinrichtung und geschlossenem Luftkreis weiter entwickelt, sind sie heute im Ein- und Mehrfamilienbetrieb weit verbreitet. Mit elektronischer Feuchtegradsteuerung ausgerüstet, bieten sie maximalen Komfort, einfachste Bedienung und sind vielseitig einsetzbar. Die aktuellen Trommeltrockner erfüllen die Forderung nach einem synchronisierten Prozessablauf mit dem Waschautomaten. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist der sehr geringe Platzbedarf. Er ist minimal, wenn der Trockner auf den Waschautomaten gestellt wird.

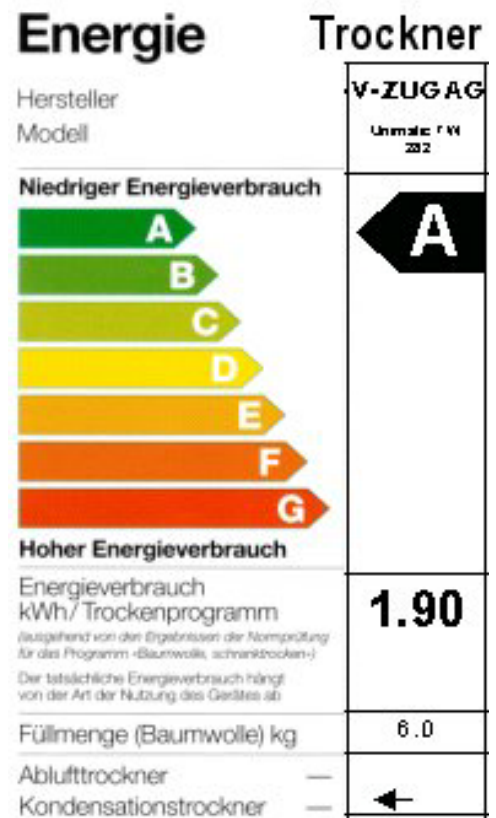
Zur Zeit wird im Mehrfamilienhaus und im Gewerbe am häufigsten der Ablufttrockner eingesetzt. Ein Gerät mit einfachem Aufbau und hoher Trockenleistung. Nachteil: Es muss eine Abluftleitung gebaut werden und der offene Luftkreis bedeutet, dass praktisch die gesamte elektrische Energie, als Wärme mit der Feuchtluft, ungenutzt ins Freie geleitet wird.

Alternativ zu den Abluftgeräten werden Kondensatortrockner mit geschlossenem Luftkreislauf angeboten. Im Kondensator dieser Geräte wird die Feuchtigkeit, der aus der Trommel austretenden Luft, durch Abkühlen ausgefällt und als Kondensat abgeleitet. Bisher wurde als Kühlmittel Trinkwasser verwendet. Neustens ist ein 6 kg Gerät mit einer mehrfamilienhaustauglichen Trockenleistung auf dem Markt, das anstelle von Wasser mit Raumluft kühlt. Damit können pro Wäschecharge über 80 Liter Wasser eingespart werden. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit die Abwärme zu Heizzwecken zu nutzen. Weil das Kondensat zusammen mit dem Waschwasser abgeleitet werden kann, ist der Installationsaufwand minimal.

1.2 Energie-Deklaration

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat Zielwerte für den Stromverbrauch verschiedener Kategorien von Haushaltgeräten erlassen. So auch für die Wäschetrockner. Der erreichte Verbrauchswert wird mit einem genormten Testverfahren (Europanorm EN 61121) ermittelt und mit der Energiedeklaration nach EU-Richtlinie 95/13/EG ausgewiesen. Auf einer Energie-Effizienzklassenskala von **A** (niedriger Verbrauch) bis **G** (hoher Verbrauch), wird der Energieverbrauch mit einem Pfeil entsprechender Länge dargestellt.

Die konventionellen Kondensatortrockner erreichen Energieeffizienzklasse **C** (0,64 bis 0,73 kWh/kg Füllmenge). Zielwert ist Energie-Klasse **A** (weniger als 0.55 kWh/kg Füllmenge).



2 Projekt Wäschetrockner mit Wärmepumpe für das Mehrfamilienhaus und das Kleingewerbe

2.1 Marktsituation - Stand der Technik

Der auf dem Marktsektor Einfamiliengeräte eingeführte Wäschetrockner mit integrierter Wärmepumpe zeigt auf, dass mit einem solchen Gerät der Zielwert für die Energieeffizienzklasse **A** erreicht werden kann.

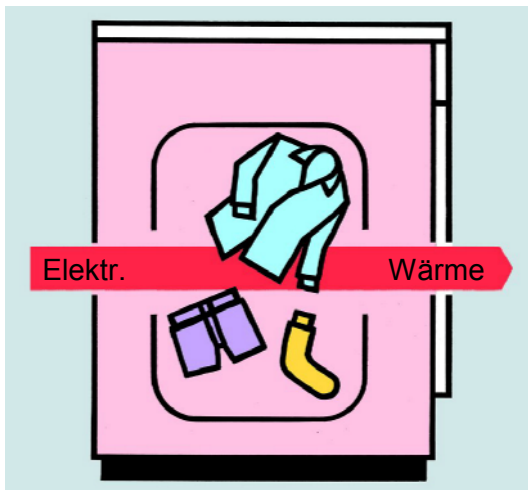
Weil das ausschliesslich für den Einfamilienbetrieb konzipierte Gerät nicht ausgelastet wird, ist der wirtschaftliche Nutzen beschränkt. Für die Anwendung in der Leistungsklasse Mehrfamilienhaus ist ein Gerät dieser Bauart ungeeignet. Kapazität, Leistung und Lebensdauer ist nicht anforderungsgerecht.

2.2 Der Wärmepumpen-Trockenprozess

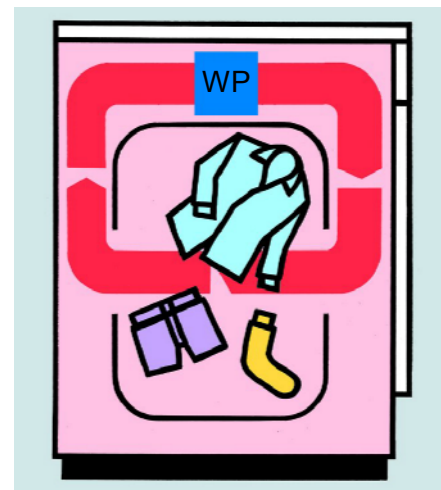
Im Gegensatz zu den herkömmlichen Geräten, arbeitet der Wärmepumpen-Kondensatortrockner mit vollständig geschlossenem Trockenprozess. D.h. die Feuchtigkeit der Trockenluft wird nicht mit einem externen Kühlmedium (Wasser oder Luft) auskondensiert und es wird auch nicht elektrisch geheizt. Der hohe Wirkungsgrad dieses Systems ergibt sich aus dem Fehlen von Verlustwärme und der tiefen Abkühlungstemperatur bei der Kondensation.

Weil mit viel trockener aber nicht heisser Luft getrocknet wird, ist der Wärmepumpen-Trockenprozess "naturnaher" und führt zu einer besonders schonenden Trocknung mit einfacher Bedienung.

Ein weiterer Vorteil des über die Wärmepumpe geschlossenen Trockenprozesses mit niedrigem Stromverbrauch ist die geringe Wärmebelastung des Aufstellungsraumes.



Das bisherige Prinzip: Erhitzte Luft wird in die Trommel geführt, wo sie durch die Wäsche strömt und Feuchtigkeit aufnimmt. Ausserhalb der Trommel wird die feuchte Luft wieder abgekühlt und die kondensierende Feuchtigkeit abgeführt.



Viel effizienter funktioniert die Wärmepumpe. Ähnlich wie bei einem Kühlschrank, bloss umgekehrt, wird es in der Trommel drin warm und draussen (wo die Feuchtigkeit kondensieren soll) wieder kalt. So wird 50% Energie gespart.

2.3 Anforderungen an einen Wärmepumpentrockner für das Mehrfamilienhaus

Hauptziel ist die Schaffung eines Gerätes mit halbiertem Energieverbrauch (damit sicher die Energieeffizienzklasse A erreicht wird), ohne Einbusse an Trockenleistung, Anwendungstauglichkeit und Lebensdauer, zu marktgängigem Verkaufspreis.

Der mit den konventionellen Geräten dieser Leistungsklasse erreichte Stand der Technik (Preis / Leistungsverhältnis) muss gehalten werden. Die Werte der folgenden Kriterien sind deshalb Minimalanforderungen

- | | |
|----------------------------|---|
| – Fassungsvermögen | 6 kg Trockenwäsche (TW) |
| – Trockenzeit für 6 kg TW | 80 Min |
| – Platzbeanspruchung | Breite 660 mm, Tiefe 800 mm |
| – Anwendungstauglichkeit | Programmausrüstung gleicher Stand wie herkömmliche Geräte. Unempfindlich auf wechselnde Betriebsbedingungen |
| – Bedienungsfreundlichkeit | für Mehrfamilienbenutzung |
| – Wartungsfreundlichkeit | einfach, lange Wartungsintervalle |
| – Servicefreundlichkeit | schnelle, kostengünstig |
| – Installation | einfach, kostengünstig |
| – Lebensdauer | 15 Jahre, 15'000 Chargen |

3 Projektentwicklung

3.1 Kostenproblematik

Grundvoraussetzung für einen Erfolg ist die Erreichung eines vom Markt akzeptierbaren Verkaufspreis der sich auf ein alle Erwartungen erfüllendes Preis/Leistungsverhältnis abstützt. Die anhaltend niedrigen Energiekosten reduzieren die Wirkung des avisierten Energiesparpotenzial für den Kaufreiz.

Auf diesem typischen CH-Marktsegment ohne Exportmöglichkeiten sind grosse Stückzahlen nicht erreichbar. Damit sind nur Lösungen sinnvoll, die weder teure Handarbeit noch den Einsatz von aufwändigen Fertigungsmittel erfordern. Die geringe Stückzahl macht auch das Auffinden von Lieferanten für die spezifischen Wärmepumpenkomponenten schwierig.

3.2 Technische Probleme

Die Idee, die Wärmepumpe für den Wäschetrockner einzusetzen ist nicht neu. Seit rund 30 Jahren wurden immer wieder Anläufe für eine Umsetzung gemacht. Neben der Industrie waren private „Erfinder“ am Werk und das Thema wurde auch von Ingenieurschulen aufgegriffen.

Das Grundprinzip ist einfach. Im geschlossenen Trockenluftkreis kondensiert der Wärmepumpenverdampfer durch Kondensation der Feuchtigkeit aus der Abluft und verwendet die entzogene Wärme - durch den Kompressor auf ein höheres Temperaturniveau gebracht - zum Aufheizen der Zuluft.

Das Hauptproblem stellt sich aus dem gegenüber den konventionellen Geräten unterschiedlichem Heizverfahren, das zu Schwierigkeiten bei der Anpassung des Trockenprozesses an die wechselnden Betriebsbedingungen führt.

	Konventionelle Heizung (Elektrisch/Gas)	Heizung mittels Wärmepumpen
Temperatur-Niveau	Beliebig hoch	Praktisch beschränkt auf 70°C.
Erforderliche Trockenluftmenge	Gering	Gross Bedingt starkes Gebläse und gross dimensionierte Luftleitungen
Wärmeübertragung	Über Heizelemente im Luftstrom	Über Kühlkreis und grossvolumige Wärmetauscher
Steuerung der Heizung	Einfach und schnell Dosierung durch Takten möglich	Schwierig und träge Der Kompressor kann nicht beliebig ein- / ausgeschaltet werden (Einfluss auf Lebensdauer)
Störfallbehebung	Einfach Heizelement austauschen	Schwierig Störungen im Kühlkreis können nicht vor Ort behoben werden
Wartung	Einfach Der Kondensator-Wärmetauscher kann zur Reinigung ausgebaut werden.	Schwierig Der Kondensator-Wärmetauscher ist im Kühlkreis integriert. Ausbau nicht möglich.

Die Tabelle zeigt für den Wärmepumpen-Wäschetrockner eine grosse Anzahl Detailprobleme auf, welche bei Nichtbeherrschung zu Misserfolg führen. Speziell die erforderliche grosse Trockenluftmenge birgt die Gefahr für eine unerwünschte und aufwändige Vergrösserung des Gerätevolumen.

3.3 Lösungskonzept

Angestrebt wurde eine konsequente Trennung Wäschetrockner/Wärmepumpenteil (Modularer Aufbau)

Wäschetrockner (Basisgerät Ablufttrockner)

- Verwendung möglichst unveränderte seriengefertigte Bauteile
- Keine Kompromisse bezüglich Leistung, Handhabung, Anwendungsbreite und Wartung. Und vor allem unveränderte Übernahme der Programm-Ausrüstung vom konventionellen Wäschetrockner.

Wärmepumpenteil

- Kompletter Kühlkreis als kompakte Einheit konzipiert. Leicht austauschbar. Wenige, klar definierte Schnittstellen.

3.4 Projektablauf

Für die Entwicklung und spätere Produktion des Wärmepumpenteils wurde ein Wärmepumpen-Spezialist gesucht und in der Firma Störi Mantel Wärmetechnik AG in Wädenswil gefunden. In enger und intensiver Zusammenarbeit wurde das Lösungskonzept innert 2 ½ Jahren zur Fabrikationsreife entwickelt. In dieser Zeit wurden mehrere Funktions- und Prototypgeräte gebaut und ausgetestet. Sehr früh wurden im Anwendungstechnik-Labor und in Mehrfamilienhaus-Liegenschaften, unter hochbelasteter Praxisbedingung, Eignungstests gefahren.

Ein unerwartet hoher Entwicklungsaufwand brachte das Problem Prozesssicherung. Weil der Kompressor nicht wie die elektrische Heizung beliebig ein- und ausgeschaltet werden kann, musste für die Anpassung des Trockenprozess an die wechselnden Handhabungs-, Betriebs- und Umgebungsbedingungen ein vollständig neues Sicherungssystem entwickelt werden. Es wurde zusammen mit der ebenfalls vollständig neuen Modultechnik zum Patent angemeldet (Anhang 3).

Für die erste Fabrikationsserie konnte im Oktober 2000 die Produktionsfreigabe erteilt werden. Die Markteinführung erfolgte anlässlich der SWISSBAU, Ende Januar 2001.

4 Projektergebnis: Wäschetrockner mit Wärmepumpe

4.1 Technische Beschreibung

4.1.1 Das Wärmepumpen-Modul

Die Funktionsweise ist schematisch im Anhang 1 dargestellt. Im Wärmepumpenmodul werden folgende physikalische Gesetzmässigkeiten genutzt:

- dass ein Kältemittel bei tiefem Druck eine tiefe Verdampfungstemperatur hat und bei hohem Druck eine entsprechend höhere Kondensationstemperatur.
- dass bei einer Aggregatzustandsänderung viel Energie (Wärme) umgesetzt wird.

Im ersten Wärmetauscher wird das flüssige Kältemittel bei niedrigem Druck verdampft. Dadurch wird die mit Feuchtigkeit gesättigte Prozessluft abgekühlt und kondensiert dabei (die feuchte Luft des Wäschetrockners heizt das Kältemittel auf, nimmt also Wärme auf, das Kältemittel verdampft, die Prozessluft kühlt sich ab).

Das dampfförmige Kältemittel wird durch den Kompressor auf einen höheren Druck und auf eine höhere Temperatur gebracht. Das energiereiche, dampfförmige Kältemittel heizt jetzt die aus dem Wärmetauscher 1 kommende Prozessluft wieder auf und das Kältemittel wird dabei so stark abgekühlt, dass es wieder flüssig wird. Das Kältemittel gibt also Wärme an die Prozessluft ab.

Im Expansionsventil wird der Druck abgebaut. Somit kann das Kältemittel wieder im ersten Wärmetauscher bei niedrigem Druck Wärme aufnehmen und dabei wieder verdampfen. Damit ist der Kreislauf geschlossen.

Das vom Wärmepumpen-Spezialisten Störi Mantel gefertigte und vormontierte Wärmepumpen-Modul wird anschlussfertig angeliefert. Die Baugruppe beschränkt sich auf den kompletten Kühlkreis mit den Hauptteilen Kompressor (Bristol, LRA 42, Leistung: 1 kW), Verdampfer- und Kondensator-Wärmetauscher, gefüllt mit Kältemittel R134a. Die Baugruppe ist auf eine Grundplatte montiert und wird anstelle der Geräteabdeckung auf den Wäschetrockner gesetzt.

Das Wärmepumpen-Modul kann in identischer Ausführung für die Serienmontage und - in einer Mehrweg-Transportkiste verpackt - als Austauschgerät für den Kundendienst verwendet werden.

Schnittstellen zum Wäschetrockner sind die Anschlüsse der Zu- und Abluftleitung (geschlossener Trockenluftkreis), die Kondensatableitung sowie die elektrische Steckverbindung.

4.1.2 Das Grundgerät

Der Wärmepumpen-Wäschetrockner basiert auf dem Abluftrockner ohne die Bauelemente Heizung, Ventilator und Abdeckung.

Auf der speziellen Geräterückwand, hinter dem Wärmepumpen-Modul angeordnet, ist ein Hochleistungsgebläse (ebm, 350 m³/h) montiert, von welchem die im Wärmetauscher aufgeheizte Trockenluft direkt in die Trommel befördert wird (Anhang 2).

Zusätzliche Teile sind die Luftleitungen, die Kondensatableitung an den Anschlussstutzen in der Geräterückwand sowie die Verschalungsteile für die rückseitigen Luftleitungen und den Wärmepumpen-Aufsatz, mit einem abnehmbaren Frontdeckel für die Wartung (Entfernung von Flusen, die sich am Lufteintritt Verdampfer-Wärmetauscher abgelagert haben).

4.1.3 Die Prozess-Steuerung und die Programmausrüstung

Weil mit niedriger Lufttemperatur (max.70°C beim Trommeleintritt) und hoher Luftleistung getrocknet wird, ist die Steuerelektronik und die Fühlerausrüstung entsprechend angepasst. Die Programmausrüstung ist aber mit den übrigen neuen Mehrfamilienhaus-Wäschetrocknern identisch. Einzig die Abkühlphase entfällt und die "Schontaste" erfüllt eine andere Funktion. Im Wärmepumpen-Trockner wird damit nicht die Prozess-temperatur abgesenkt, sondern der Restfeuchtewert erhöht. Nutzbar für Synthetics und Mischgewebe mit hohem Kunstfaseranteil. Diese trocknen im starken Luftstrom gleichmässiger und haben - weil praktisch nur Oberflächenwasser verdunstet werden muss - eine kurze Austrocknungsphase.

4.2 Anpassung an extreme Prozess- und Umgebungsbedingungen

Der Wärmepumpen-Trockenprozess hat Eigenheiten, die für einen optimalen Betrieb bei extremen Umgebungsbedingungen beachtet werden müssen.

4.2.1 Niedrige Umgebungstemperatur bei Prozessbeginn

Kaltstart bei niedriger Umgebungstemperatur führt systembedingt zu einer langen Aufheizzeit mit reduzierter Trockenleistung. Als wirkungsvolle Gegenmassnahme ist vor dem Lufteintritt in die Trommel eine temperaturgesteuerte 500 Watt Startheizung eingebaut. Damit ist auch bei extrem niedriger Umgebungstemperatur eine hohe Trockenleistung mit minimalem Energieaufwand gewährleistet.

4.2.2 Hohe Umgebungstemperatur bei Prozessende

Der Wärmepumpen-Kompressor kann nicht wie eine elektrische Heizung, zwecks Regulierung des Wärmehaushaltes, im Taktbetrieb arbeiten. In der Austrocknungsphase am Ende des Trockenprozesses entsteht speziell bei hoher Umgebungstemperatur Überschusswärme, die zur Vermeidung von Überhitzung der Wärmepumpe abgeführt werden muss. Zu diesem Zweck wurde eine spezielle Einrichtung entwickelt, die zum Patent angemeldet worden ist. Der Trockenluftkreis wird in der Austrocknungsphase, wenn nur noch wenig Feuchtigkeit aus der Wäsche anfällt, prozessgesteuert geöffnet. Die Ausblasöffnung ist am Luftkanal zwischen Ventilator und Trommeleintritt angeordnet und wird mittels Elektromagnet bei Bedarf geöffnet. Die ausgeblasene Luft hat die Flusensiebe, den Verdampfer und den Kondensator der Wärmepumpe passiert. Sie ist trocken und bewirkt somit keinen störenden Einfluss auf die Umgebung.

4.3 Zusammenfassung der erreichten Ziele

Energieeffizienzklasse A - bei hoher Trockenleistung halbiertes Energieverbrauch

Erster Wäschetrockner mit 6 kg Fassungsvermögen für das Mehrfamilienhaus und das Gewerbe mit diesem Prädikat und einer, mit den herkömmlichen Wäschetrocknern vergleichbaren, hohen Trockenleistung. Durch die hohe Auslastung in Gemeinschaftswaschanlagen und bei gewerblicher Anwendung kommt der Nutzen der Energieeinsparung voll zum Tragen.

Besonders schonende Trocknung mit einfachster Bedienung

Weil der Wärmepumpen-Trockner mit hohem Luftdurchsatz und niedriger Trockentemperatur arbeitet, können wärmeempfindliche Textilien - speziell Synthetics und Mischgewebe - besonders schonend getrocknet werden.

Damit wird die Bedienung, auch für Benutzende die mit dem Gerät wenig vertraut sind, einfach und sicher. Die Gefahr für unbefriedigende Trockenresultate mit Ursache "Bedienungsfehler" wird stark reduziert.

Betriebssicher - unabhängig von baulichen Gegebenheiten und Umweltbedingungen

Dank dem komplett in sich geschlossenen Wärmepumpensystem mit niedrigem Energieeinsatz, wird die Wärmebelastung im Aufstellungsraum sehr gering. Daher wird eine weitestgehende Unabhängigkeit von baulichen Bedingungen erreicht. Die speziell entwickelte und zum Patent angemeldete Sicherheitseinrichtung ermöglicht, auch unter extremen klimatischen Umgebungsbedingungen, einen störungsfreien und prozessoptimierten Betrieb.

Platzsparend und servicefreundlich

Das Gerät mit aufgebauter Wärmepumpe beansprucht nicht mehr Bodenfläche als ein konventioneller Trockner. Der modulare Geräteaufbau mit einfach austauschbarem Wärmepumpenteil sichert eine schnelle und kostengünstige Betreuung durch den Kundendienst.

Aufbauschema Wäschetrockner Unimatic TW

Anhang 1 Aufbauschema Wäschetrockner mit Wärmepumpe (systematisch)

Kompressor
Kältemittel wird verdichtet
– Druck steigt
– Temperatur steigt

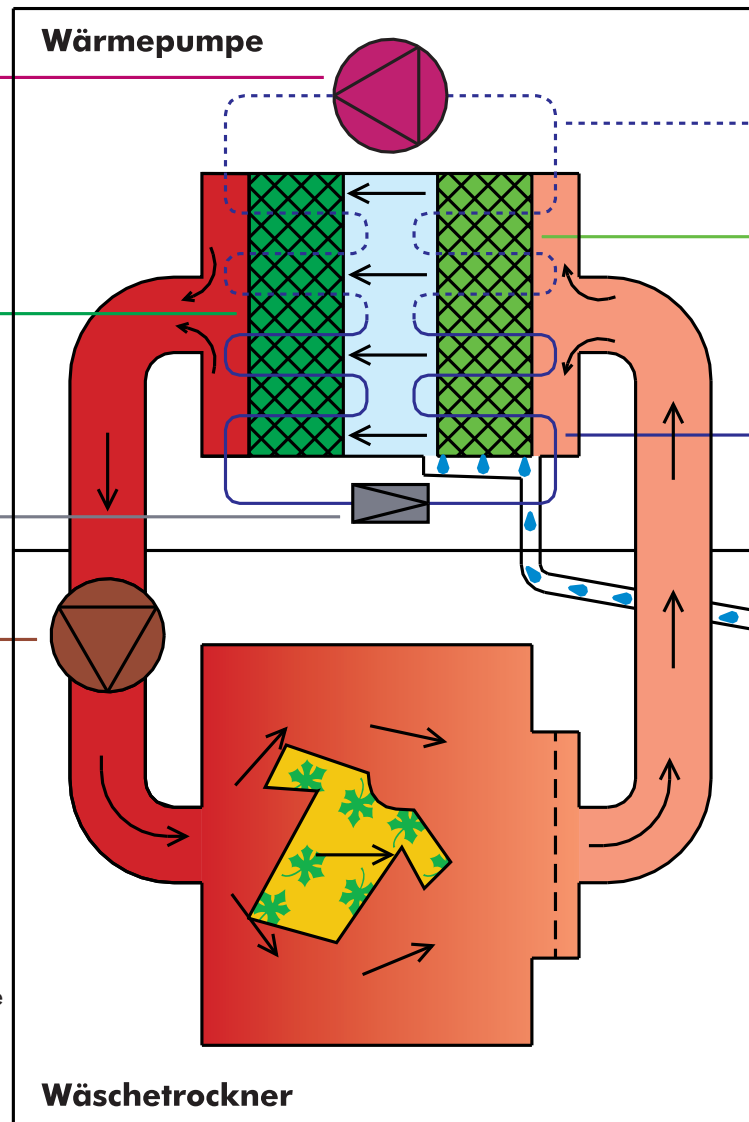
Wärmetauscher 2
Luft wird aufgeheizt

Expansionsventil
– Druck fällt
– Temperatur fällt

**Hochleistungs-
Gebläse**

Vorteile

- Bei hoher Trockenleistung halbiertes Energieverbrauch.
- Dank niedriger Prozesstemperatur und hoher Luftleistung besonders schonende Trocknung.
- Weitestgehende Unabhängigkeit von baulichen Bedingungen.



Kältemittel dampfförmig

Wärmetauscher 1
Luft wird abgekühlt
Feuchtigkeit kondensiert

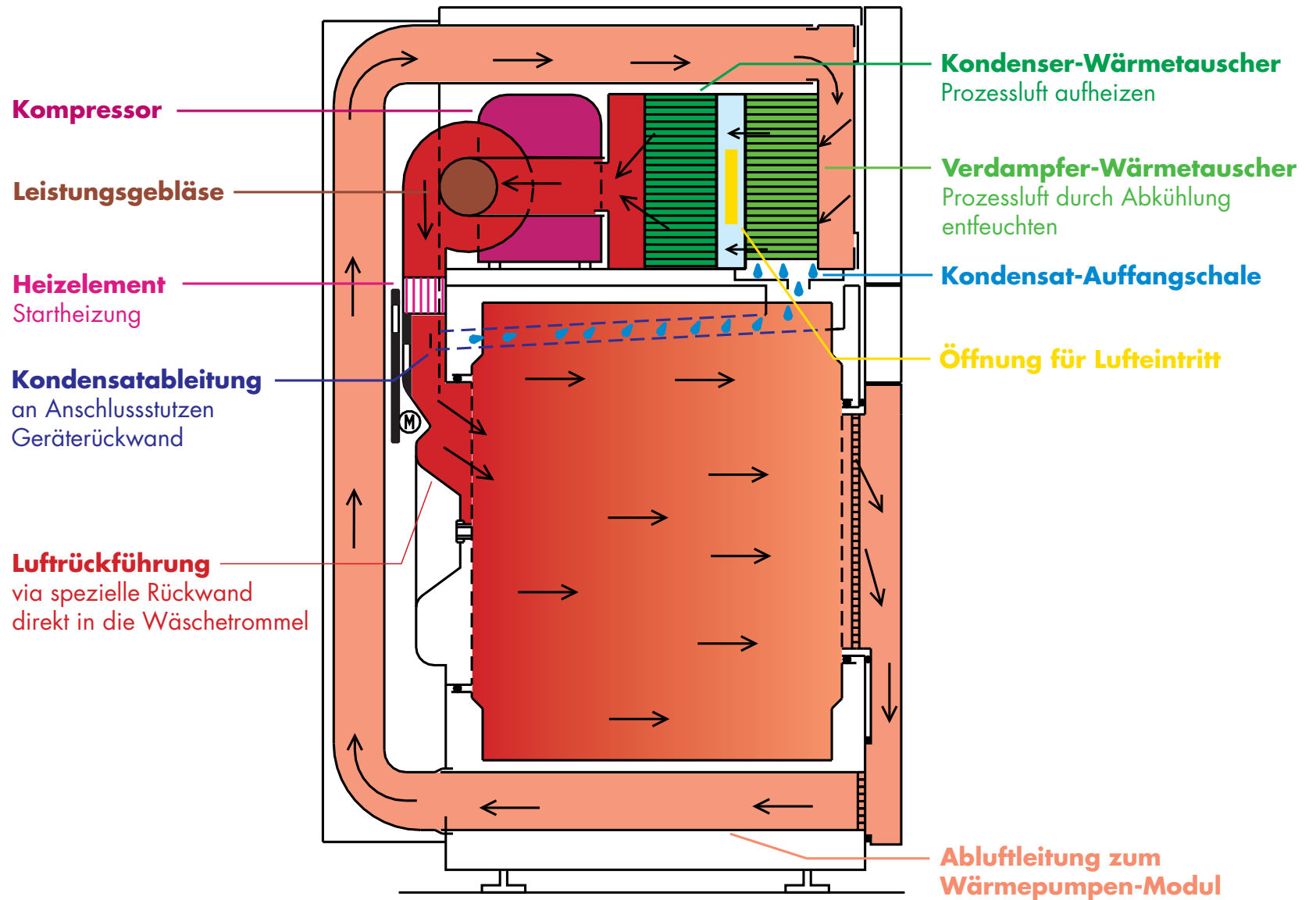
Kältemittel flüssig

Funktionsprinzip

Der Luftkondensator mit Wärmepumpe bildet einen geschlossenen Kreislauf. Die feuchtwarme Luft wird im Verdampfer, sogenannter Wärmetauscher 1 abgekühlt und kondensiert. Die so getrocknete Luft wird in einem zweiten Wärmetauscher 2 wieder aufgeheizt und tritt erneut in die Wäschetrommel ein.

Aufbauschema Wäschetrockner Unimatic TW

Anhang 2 Aufbau Wäschetrockner mit Wärmepumpe (mit Bau- gruppen)



Anhang 3 Auszug aus Patentschrift

Zusammenfassung

Der Wäschetrockner besitzt einen von Prozessluft durchströmten Wäschebehälter (2) und eine Wärmepumpe (10) mit Kühlaggregat (12) und Heizaggregat (13). Die Prozessluft gelangt vom Wäschebehälter (2) zum Trocknen durch das Kühlaggregat (12), sodann zur Erwärmung durch das Heizaggregat (13) und danach zurück in den Wäschebehälter (2). Im Prozessluft-Kreislauf sind zwei Öffnungen (20, 25) angeordnet, von denen eine über die Steuerung (29) des Wäschetrockners motorisch geschlossen und geöffnet werden kann. Dies erlaubt es, bei zu hoher Temperatur Wärme aus dem Kreislauf auszukoppeln. Ferner ist eine elektrische Heizung (19) vorgesehen, die es erlaubt, im Anlaufbetrieb oder bei zu tiefer Temperatur Wärme zuzuführen. Die Wärmepumpe (10) ist als kompaktes Modul ausgestaltet und kann in einfacher Weise gereinigt oder aus dem Wäschetrockner ausgebaut werden.

(Fig. 1)

