

Forschungsprogramm *Elektrizität*
Pilot- und Demonstrationsanlagen



Ausarbeitung eines Messverfahrens für Raumluft-Wäschetrockner

ausgearbeitet durch
Jürg Nipkow
ARENA Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen
8006 Zürich

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Vertragsnummer: 65322

Projektnummer: 25464

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse des Gesamtprojekts "Prüfung von Raumluft-Wäschetrocknern", bestehend aus dem Pilotprojekt (Vertrags-/Projektnummer 65321/25463) und dem Messprojekt mit den oben angegebenen Nummern.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern

Fax 031 325 50 58

Form. 805.089.3 d

Zusammenfassung

Raumluft-Wäschetrockner (mit Wärmepumpe) weisen im Vergleich zu herkömmlichen Tumbler (mit Widerstandsheizung) einen günstigen spezifischen Energieverbrauch auf. Die Wäschetrockner-Prüfnorm EN 61121:1999 (neu auch SN EN 61121:1999) gilt allerdings nur für Tumbler, weshalb Energieverbrauchswerte für Raumluft-Wäschetrockner nicht nach dieser Norm gemessen werden können. Im vorliegenden Projekt wurde nun ein Messverfahren für Raumluft-Wäschetrockner erarbeitet, welches reproduzierbare Prüfungen von Raumluft-Wäschetrocknern in Anlehnung an EN 61121 (v.a. Wäschebehandlung) gewährleistet. Damit werden diese Geräte unter sich energetisch vergleichbar und – unter Beachtung der Verschiedenheit der Systeme – auch mit anderen Wäschetrocknungssystemen. Im Rahmen eines Pilotprojekts wurde das Verfahren praktisch umgesetzt: in Zürich-Seebach wurden geeignete Prüfräume ausgebaut und mit den erforderlichen Messeinrichtungen ausgerüstet. Für das angestrebte Messverfahren müssen elektrische Leistungen und Energien sowie verschiedene Luft- und Oberflächentemperaturen und Luftfeuchten erfasst werden. Mit hoher Genauigkeit sind Wäschegewichte bis 30 kg festzuhalten. Zudem werden Schalldruckpegel gemessen – allerdings mit bescheidenen Anforderungen. In ersten Testreihen mit unterschiedlichen Geräten konnte das Verfahren erprobt und verfeinert werden. Es wird nun ausführlich dokumentiert und in einer Verordnung des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK festgehalten. Damit soll auch für Raumluft-Wäschetrockner eine Energie-Deklaration (ähnlich wie für andere Haushaltgeräte) ermöglicht werden.

Abstract

Clothes drying by heat pump air dryers (room air-condition dryers, RACD) consumes less electric energy (per kg clothes) than by conventional tumble dryers. The international standard IEC/EN 61121:1999 is valid only for household tumble dryers, so up to now the energy consumption of RACDs could not be measured accordingly to standards nor compared with other drying systems. In this project a measuring method has been developed for reproducible tests of RACDs to compare the performance of different models and – being aware of the systems properties – with other drying systems. Near Zurich, test rooms were found and equipped by the necessary measuring apparatus. Air and surface temperatures, air humidity, electric power were to be logged; energy consumption, masses (weighing) and sound levels to be measured. A preliminary series of tests proved reliability and validity of the method, which is now described in detail in a directive of the Swiss Energy Department. Thereby, energy labelling of RACDs shall offer energy items similar to EU energy labelling of other household appliances.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT	1
INHALTSVERZEICHNIS	1
1. ZIELE DES PROJEKTS	2
2. VORGEHEN	3
3. PRÜFVERFAHREN	4
3.1 Zugrundeliegende Norm EN 61121:1999	4
3.2 Testwäsche	4
3.3 Trocknungsprozess	4
3.4 Prüfräume	4
3.5 Massgebende Raumtemperatur	5
3.6 Messungen	5
3.7 Berichterstattung	5
Anmerkungen zu einigen Punkten nach Abschluss der Pilotmessungen	6
Formulare	7
4. MESSEINRICHTUNGEN	10
5. ERGEBNISSE DER ERSTEN GERÄTEPRÜFUNGEN	13
5.1 Bewährung des Prüfverfahrens	13
5.2 Energieverbräuche und Trockenleistungen	13
5.3 Warendeklaration und Energielabel	14
6. PERSPEKTIVEN, PUBLIKATIONEN	16
7. ANHANG	16

1. Ziele des Projekts

Raumluf-Wäschetrockner (mit Wärmepumpe) weisen im Vergleich zu herkömmlichen Tumbler (mit Widerstandsheizung) einen günstigen spezifischen Energieverbrauch auf. Nach der Schliessung des Schweiz. Institut für Hauswirtschaft (SIH) konnten mangels Prüfstelle keine neutralen Prüfungen solcher Geräte mehr durchgeführt werden.

Die Wäschetrockner-Prüfnorm EN 61121:1999 (neu auch deutsch als SN EN 61121:1999, minimale Modifikationen gegenüber Version 1997) gilt allerdings nur für Tumbler, weshalb Energieverbrauchswerte für Raumluf-Wäschetrockner nicht nach dieser Norm gemessen werden können. Im vorliegenden Projekt wurde nun ein Messverfahren für Raumluf-Wäschetrockner erarbeitet, welches reproduzierbare Prüfungen von Raumluf-Wäschetrocknern in Anlehnung an EN 61121 (v.a. Wäschebehandlung) gewährleistet. Damit werden diese Geräte unter sich energetisch vergleichbar und – unter Beachtung der Verschiedenheit der Systeme – auch mit anderen Wäschetrocknungssystemen. Im Rahmen eines Pilotprojekts wurde das Verfahren praktisch umgesetzt: in Zürich-Seebach wurden geeignete Prüfräume ausgebaut und mit den erforderlichen Messeinrichtungen ausgerüstet. Für das angestrebte Messverfahren müssen elektrische Leistungen und Energien sowie verschiedene Luft- und Oberflächentemperaturen und Luftfeuchten erfasst werden. Mit hoher Genauigkeit sind Wäschegewichte bis 30 kg festzuhalten. Zudem werden Schalldruckpegel gemessen – allerdings mit bescheidenen Anforderungen. Die Prüfungen umfassen in erster Linie den Wäschetrocknungs-Energieverbrauch sowie die Trockenleistung und evtl. weitere Gebrauchseigenschaften (z.B. Geräusch, Bedienungskomfort) der Apparate.

Zur Zeit führt eine Gruppe von 4 Anbietern von Raumluf-Wäschetrocknern im Raum Zürich eine längerfristig angelegte Aktion zur Prüfung ihrer Apparate durch. Die Prüfungen werden später allen Anbietern gegen Entgelt offenstehen. Der Hauptnutzen des Projekts liegt darin, dass die günstigen Energieverbrauchswerte der Raumluf-Wäschetrockner von neutraler Stelle einheitlich gemessen und auf dem Markt kommuniziert werden können. Da die Wäschebehandlung gemäss EN 61121 erfolgt, sind die spezifischen Energieverbräuche für die Energiedienstleistung "Wäschetrocknen" – bei Beachtung der Systemunterschiede – auch mit Tumbler-Energie-Deklarationen vergleichbar. Das Gesamtprojekt wurde vom Bundesamt für Energie (BFE) als Pilotprojekt unterstützt, wobei das Messprojekt ("Ausarbeitung eines Messverfahrens") separat definiert wurde. Der vorliegende Schlussbericht bezieht sich auf beide Projektteile.

Ziel des Gesamtprojekts ist die detaillierte Erarbeitung, Beschreibung und die praktische Erprobung eines Messverfahrens zur Prüfung von Raumluf-Wäschetrocknern, welches sich soweit möglich auf die für Tumbler bestimmte Norm EN 61121 stützt. Die komplexen Verhältnisse bei Raumluf-Wäschetrocknern (wegen der Einflüsse des Raumes etc.) sollen so berücksichtigt werden, dass reproduzierbare Messungen (ggf. an verschiedenen Orten) zuverlässig möglich sind. Das Verfahren ist eindeutig zu definieren und zu beschreiben; es soll in einer Verordnung des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK festgehalten werden.

2. Vorgehen

Das gesamte Projekt wurde vom engeren Projektteam vorbereitet, welches besteht aus:

ARENA (Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen), Jürg Nipkow, 8006 Zürich, als Gesuchsteller, und den industriellen Projektpartnern, welche inzwischen den Verband für die Förderung der Raumluf-Wäschetrockner VRWT gegründet haben, um ihr Anliegen bzw. ihre Produkte gemeinsam auf dem Markt zu fördern:

- ESCO Schönmann AG, Herr W. E. Schönmann, Im Vorderasp 4, 8154 Oberglatt
- Krüger + Co. AG, Herr H. Gut, Rugghölzli 2, 5453 Busslingen
- Lunor G. Kull AG, Herren E. und R. Kull, Aemtlerstraase 96A, 8003 Zürich
- Roth-Kippe AG, Herr K. Schweingruber / B. Seiler, Vogelastrasse 40, 8953 Dietikon

Zur neutralen Begutachtung und für Kontakte wurde eine Projektbegleitgruppe gebildet aus:

- Fachhochschule Zentralschweiz, Luzern/Horw, Prof. R. Furter
- Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung Infel, Zürich, R. Spalinger

Projektbegleiter beim BFE war Dr. R. Schmitz.

Gemäss Phasenplan wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

- A Prüfprogramm, Mess-Pflichtenheft, Deklaration der Ergebnisse, etc. ausarbeiten
- B Messeinrichtungen gemäss Pflichtenheft beschaffen
- C Prüfräume mit Messeinrichtungen ausrüsten, konfigurieren, vorbereiten der Auswertung (PC basiert)
- D Pilotmessungen mit einzelnen Geräten der Firmengruppe durchführen und auswerten, nach Ergebnissen Ueberarbeitung von Prüfprogramm etc.
- E Die Phase der "normgerechten" Pilotprüfungen von Geräten der Firmengruppe wurde im Plan nicht dem Messprojekt zugeordnet. Es zeigte sich jedoch, dass wesentliche Arbeiten zur Perfektionierung des Verfahrens, insbesondere der Auswertungsmethode, erst in dieser Phase erfolgen können. Zur Beurteilung des Systemverhaltens beim Aufheizen der Räume wurden besondere Testreihen im Frühjahr 1999 durchgeführt. Somit erstreckten sich wesentliche Teile des Messprojekts ins Jahr 1999 hinein, parallel mit "regulären" Apparateprüfungen.
- F Entwurf, Diskussion und Verabschiedung einer Departementsverordnung des UVEK, welche das Prüfverfahren beschreibt.

3. Prüfverfahren

In der Vorbereitungsphase des Projektes wurden bereits ein genereller Beschrieb der Anforderungen sowie Lösungsvorschläge erstellt. Die technisch-physikalischen Besonderheiten der Apparateprüfung in Trockenräumen wurden analysiert und Ueberlegungen zur Prüfmethode angestellt (interne Arbeitspapiere).

Die nachstehende, vereinfachte Beschreibung des Prüfverfahrens entspricht dem Vorschlag für die Departementsverordnung.

3.1 Zugrundeliegende Norm EN 61121:1999

Das Prüfungsverfahren bezweckt, vergleichbare Messungen des Energieverbrauchs und der Trockenleistung von Raumluf-Wäschetrockner durchführen zu können. Das Verfahren stützt sich auf die Norm EN 61121:1999 "Wäschetrockner für den Hausgebrauch – Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaften", soweit diese sinnvoll anwendbar ist. Abweichungen bzw. zusätzliche Anforderungen ergeben sich insbesondere, weil Raumluf-Wäschetrockner nur in einem zu definierenden Prüfraum und in der Regel mit grösseren Wäschemengen als Tumbler zu prüfen sind.

3.2 Testwäsche

Es ist genormte Testwäsche (Wäsche) gemäss der Norm EN 61121:1999 "Grundbeladung Baumwolle" zu verwenden, wobei die Chargen als Vielfache der normierten 5 bzw. 7.5 kg Chargen einzusetzen sind; vorzugsweise 7.5 / 10 / 15 (als 2x 7,5) / 20 (als 2x 7,5 + 5) / 25 (als 2x 7,5 + 2x 5) kg. Für die Vorbereitung der Beladung ist gemäss EN 61121:1999 vorzugehen.

3.3 Trocknungsprozess

Der Trocknungsprozess umfasst das Anfeuchten der Wäsche auf 70% Wassergehalt gemäss der Norm EN 61121:1999, das Aufhängen im Trockenraum, den Betrieb des Apparates bis die Wäsche trocken ist (0% Wassergehalt bezogen auf konditionierten Zustand gemäss der Norm EN 61121:1999), und das Abhängen der Wäsche.

Aufhängen und Abnehmen der Wäsche sollen nicht länger als 10 (über 15 kg: 15) Minuten dauern und erfolgen unmittelbar vor Start bzw. nach Ende. In dieser Zeit soll kein Luftaustausch stattfinden (Türen/Fenster zu). Der Prozess kann manuell oder automatisch beendet werden. Bei automatischer Abschaltung ist eine allfällige "Nachlaufphase" für Energieverbrauch und Trockenleistung nicht einzurechnen.

3.4 Prüfräume

Die Räume müssen massiv gebaut sein (keine innere Wärmedämmung), Flächengewicht im Mittel $\geq 250 \text{ kg/m}^2$. Es ist nachzuweisen, dass während eines Trocknungsprozesses nicht mehr als 0.5% des im Prozess abzuschheidenden Wassers durch Wasserdampfdiffusion verloren oder hinzugefügt werden kann. Luftaustausch ist durch Abdichtungen zu vermeiden. Für die Abmessungen der Prüfräume gilt:

- Prüfraum 1 (für grössere Apparate):
Fläche: $17 \text{ m}^2 \pm 10\%$, Volumen: $38 \text{ m}^3 \pm 10\%$
- Prüfraum 2 (für kleinere Apparate):
Fläche: $9 \text{ m}^2 \pm 10\%$, Volumen: $21 \text{ m}^3 \pm 10\%$

Die Wäscheleinen sind mit 0.15 m Abstand anzuordnen.

3.5 Massgebende Raumtemperatur

Da die Raumluf-Wäschetrockner die Raumtemperatur während des Betriebs in unterschiedlicher Art beeinflussen, werden zur Ermittlung der für den Trocknungsprozess massgebenden Raumtemperatur während 10 - 20 Minuten vor dem Start (ungestörte Temperatur) sowie in der 10. und 20. Minute nach Ende des Apparatebetriebs Luft- und Oberflächentemperaturen gemessen. Es sind mindestens je 1 Lufttemperatur oben (zwischen Leinen und Decke) und unten (0.6 m über Boden) sowie Oberflächentemperaturen an Decke, Boden und 2 Wänden zu messen. Der massgebende Mittelwert gewichtet Luft- und Oberflächentemperaturen je zu 50% und ist das Mittel der entsprechenden Werte vor sowie nach dem Trocknungsprozess. Er muss zwischen 19 und 22°C liegen (Norm EN 61121:1999 für Tumbler: $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$). Lässt sich aus den einzelnen Trocknungsprozessen eine eindeutige Temperaturabhängigkeit ableiten, so können die Leistungswerte auf 20°C hin interpoliert werden.

3.6 Messungen

Für die Ermittlung von Energieverbrauch und Trockenleistung sind zu messen:

- Wäschegewicht konditioniert, feucht, getrocknet ($\pm 0.1\%$ genau)
- elektrischer Energieverbrauch ($\leq 2\%$ Fehler der elektrischen Wirkleistungsmessung, bezogen auf 500 W bzw. den Anschlusswert des kleinsten zu prüfenden Apparates)
- Prozessdauer vom Ein- bis zum Ausschalten ($\leq 0.5\%$ Fehler)
- Raumluf- und Oberflächentemperaturen ($\leq 0.5 \text{ K}$ Fehler)
- Schalldruckpegel in 2.5 m Abstand zur Apparaterückwand, mit hängender Wäsche, Mittelwert aus 6 Messungen: anfangs/ende des Prozesses und links/Mitte/rechts im Raum.

Die Toleranzbereiche für die Anfangs- und Endrestfeuchte gemäss der Norm EN 61121:1999, Tabelle 2 und 3, sind einzuhalten. Die in der Norm angegebene Korrekturmethode für Abweichungen der Anfangs- und Endrestfeuchte bei der Berechnung des Energieverbrauchs ist sinngemäss (mit $W = W_0$) anzuwenden.

Zur Ermittlung eines gültigen Satzes von Leistungswerten sind mindestens 3 Prozesse unter den oben angegebenen Bedingungen durchzuführen und die erhaltenen Werte zu mitteln. Alle massgebenden Daten der einzelnen Prozesse, inkl. Mitteltemperaturen, sind in einem Prüfbericht festzuhalten. Die Prozesse sind durch Datenregistrierung (Temperaturen, Raumfeuchte, evtl. Apparatespannung und -strom) zu dokumentieren.

3.7 Berichterstattung

Spezifischer Energieverbrauch (kWh/kg) und Trockenleistung (kg/h) sind auf 2 Stellen nach dem Komma zu runden, der Schalldruckpegel (dB (A)) auf 1 Stelle. Mit den Leistungswerten ist die geprüfte Wäschemenge (kg) und die Raumgrösse (m^2) sowie der Typ des im Apparat eingesetzten Kältemittels (Rxxx) zu rapportieren.

Anmerkungen zu einigen Punkten nach Abschluss der Pilotmessungen

3.4 Prüfräume:

Zur Abschätzung der Wasserdampfdiffusion durch die Umschliessungsflächen wurde ein Gutachten in Auftrag gegeben. Mittels der Matrizenmethode von W. Heindl (in: "element 29", 1993), welche vom Wärme- auf Feuchtetransport adaptiert wurde, konnten für einige extreme Situationen stationäre und instationäre Feuchteflüsse durch die Hülle berechnet werden. Als extrem wurden Umgebungstemperaturen ausserhalb der Hülle von 12°C (Wand/Decke) und 0°C (Boden) angenommen. Es resultierten maximale Werte von 4 g/h auf 40 m² Hüllfläche für den instationären Fall, also für den maximalen Wasserverlust während des Prozesses. Dies ist im Vergleich zur Entfeuchtungsleistung von 1000...2000 g/h vernachlässigbar.

3.5 Massgebende Raumtemperatur:

Unterschiedliche Raumtemperaturen in einem Bereich von $20 \pm 2^\circ\text{C}$ haben nach den bisherigen Erfahrungen einen kleineren Einfluss als Abweichungen der Endfeuchte der Wäsche innerhalb des tolerierten Bereiches gemäss EN 61121 bei Korrektur gemäss dieser Norm. Ausserdem können abweichende Temperaturen je nach Apparatedisposition zu grösserer oder kleinerer Effizienz führen. Somit ist eine korrigierende Interpolation nicht erforderlich; man kann sich auf einen Toleranzbereich von z.B. $20 \pm 1^\circ\text{C}$ beschränken (EN 61121 für Tumbler: $20 \pm 2^\circ\text{C}$). Die messtechnische Erfassung und Mittelwertbildung für die massgebende Raumtemperatur bleibt jedoch sinnvoll. Das Vorgehen zur Mittelwertbildung ist in einer VRWT-Richtlinie beschrieben (vgl. Anhang).

Gewährleistung der Raumtemperatur:

Je nach Bauart und Lage der Prüfräume im Gebäude ist eine aktive Beeinflussung der Raumtemperatur zwischen den Prozessen erforderlich. Durch die Prozesse selbst wird überschüssige Wärme im Ausmass der zugeführten elektrischen Energie frei. Dies bedeutet, dass in unserem Klima und mit 2 – 3 Aussenwänden im Winter zusätzlich geheizt werden muss, in der Uebergangszeit der Wärmeverlust nach Aussen etwa durch die Abwärme gedeckt wird und bei längeren Hitzeperioden gekühlt werden muss. Wegen der thermischen Trägheit der schwer gebauten Räume (für etwa konstante Bedingungen während des Prozesses nötig) ist einige Voraussicht zur richtigen Dosierung der i.d.R. nächtlichen Heizung/Kühlung erforderlich. Durch längere Temperatur- und Feuchtereistrierungen während Wochenenden konnte das Verhalten studiert werden. Mittels zusätzlich aufgeschalteter Fühler für Aussentemperatur und -Feuchte konnten diese Parameter mit beobachtet werden.

3.6 Messungen, Korrekturmethode:

Die Korrektur gemäss EN 61121 wird schon in der Norm selbst in Frage gestellt ("Ueberarbeitung in Vorbereitung"). Für Raumluf-Wäschetrockner sollte sie dahingehend angepasst werden, dass eine grössere Toleranz der Start- und eine kleinere der Endfeuchte gegeben wird (Formel sonst beibehalten).

3.7 Berichterstattung:

Energieverbrauch bzw. Energieeffizienz von Raumluf-Wäschetrocknern sollten ursprünglich mit der E-Deklaration (Etikette mit farbigen Pfeilen A...G) wie für Tumbler oder andere Haushaltgeräte angegeben werden. Weil das System Raumluf-Wäschetrockner aber mit Tumblern nicht direkt vergleichbar ist, musste eine andere Darstellung gewählt werden. Die Abstufung der gewählten Energieeffizienz-Klassen (A1, A2, A3, B1, B2, B3) wird so bestimmt, dass auch kleine Unterschiede der verschiedenen Raumluf-

Wäschetrockner zur Geltung kommen. Die bisher geprüften Geräte belegen alle Klassen ausser B3 (vgl. Kap. 5).

Formulare

Zur sicheren Durchführung reproduzierbarer Prüfungen wurde ein Satz von Formularen erstellt, welche im Anhang wiedergegeben sind:

Prüfanleitung

Detaillierte Anleitung zur Durchführung der Prüfungen, laufend den Erkenntnissen und Einrichtungen angepasst.

Prüfprotokoll

Formular zum manuellen Festhalten der nicht oder nicht automatisch registrierten Daten.

Apparateprotokoll

Formular für die Apparate-Anbieter, zur vorgängigen Deklaration der zu prüfenden Apparate. Dieses kann auch durch ein Apparate-Datenblatt ersetzt werden, wenn die erforderlichen Angaben vorhanden sind.

Auswertungsf formular

Berechnungstabelle (Excel) für jeden Prüfprozess, in welche die gemessenen Daten eingetragen werden und automatisch ausgewertet werden. Darin wird – ebenfalls weitgehend automatisch – eine Grafik des Prozessablaufs generiert, welche die Beurteilung allfälliger Besonderheiten des Ablaufs erlaubt (vgl. Bild 1, Seite 8). Zusätzlich werden die wichtigsten Daten in ein zusammenfassendes Berechnungsformular eingetragen, welches die Auswertung der ganzen Messreihen mit den Feuchtekorrekturen etc. erlaubt und in einer Grafik darstellt (Bild 2, Seite 9). Die elektronischen Formulare sind bei J. Nipkow erhältlich.

Die Effizienz des Trocknungsprozesses ist in einem gewissen Ausmass temperaturabhängig, weshalb eine Erfassung und Berücksichtigung einer "massgebenden Raumtemperatur" für jeden Prozess erforderlich ist. Während des Apparatebetriebs wird jedoch die Raumlufttemperatur durch die Verflüssigerwärme apparatespezifisch erhöht und kann nicht direkt für eine Korrekturmethode herangezogen werden. Deshalb wird eine "gewichtete Gesamt-Mitteltemperatur" des Prozesses aus den Raum- und Oberflächentemperaturen vor dem Apparatestart und nach Abschalten ermittelt. Das untere Diagramm in Bild 1 stellt diese Prozessauschnitte zusammen dar und wird für die standardisierten Berechnung dieser Mitteltemperatur mittels Zeitfenstern benutzt.

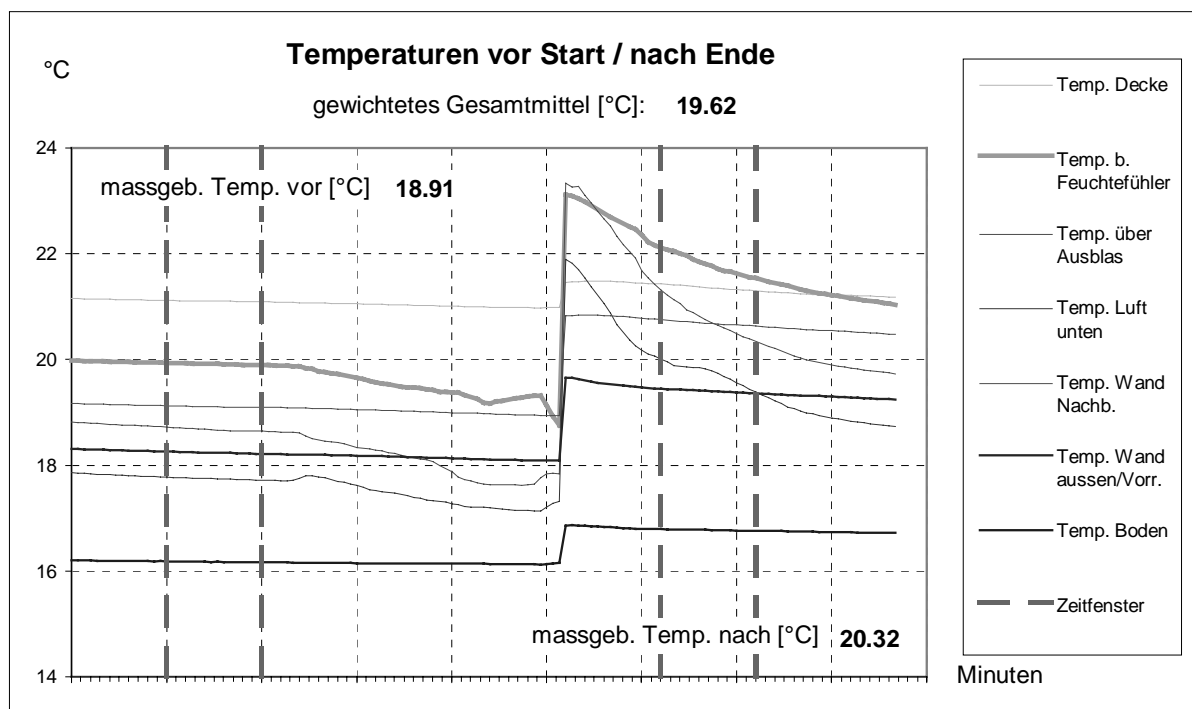
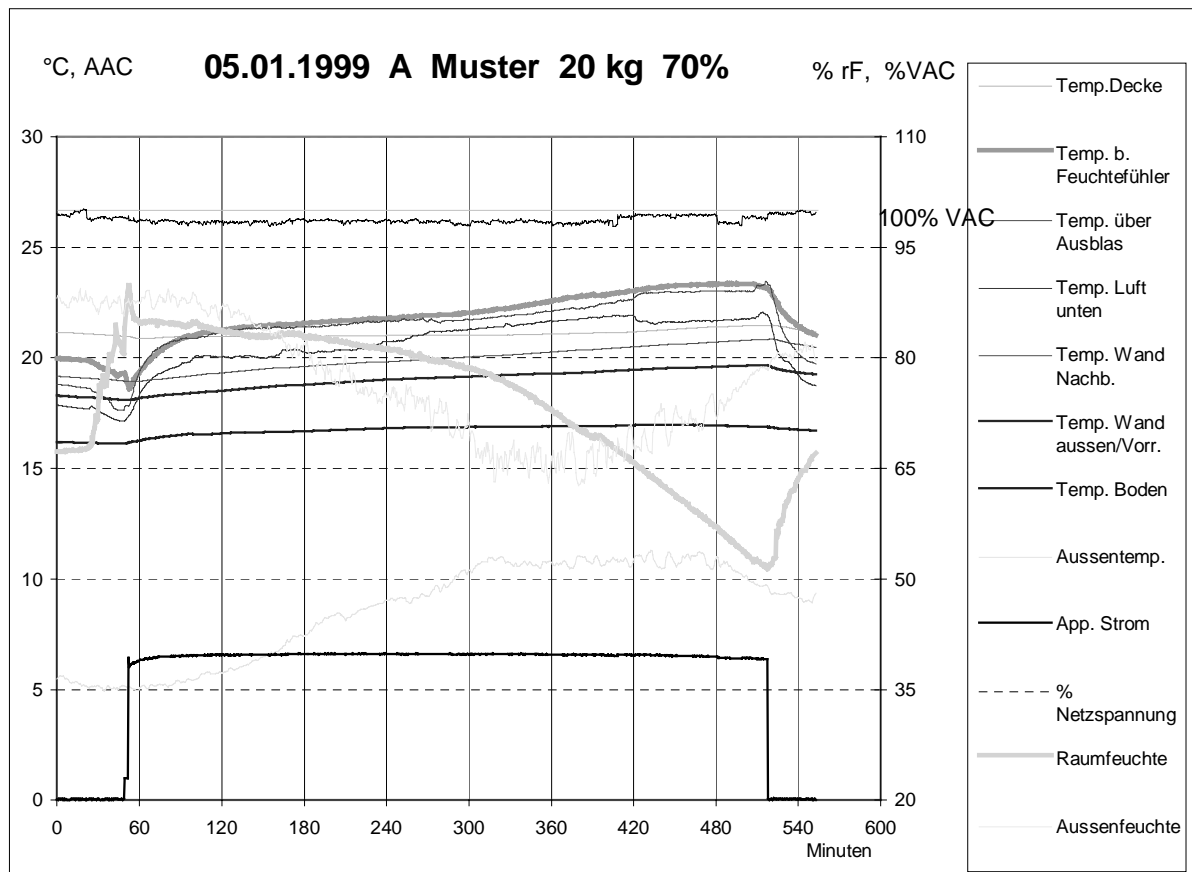


Bild 1 Grafik eines Prozesses aus dem Auswertungsformular
Zum unteren Diagramm vgl. Text Seite 7.

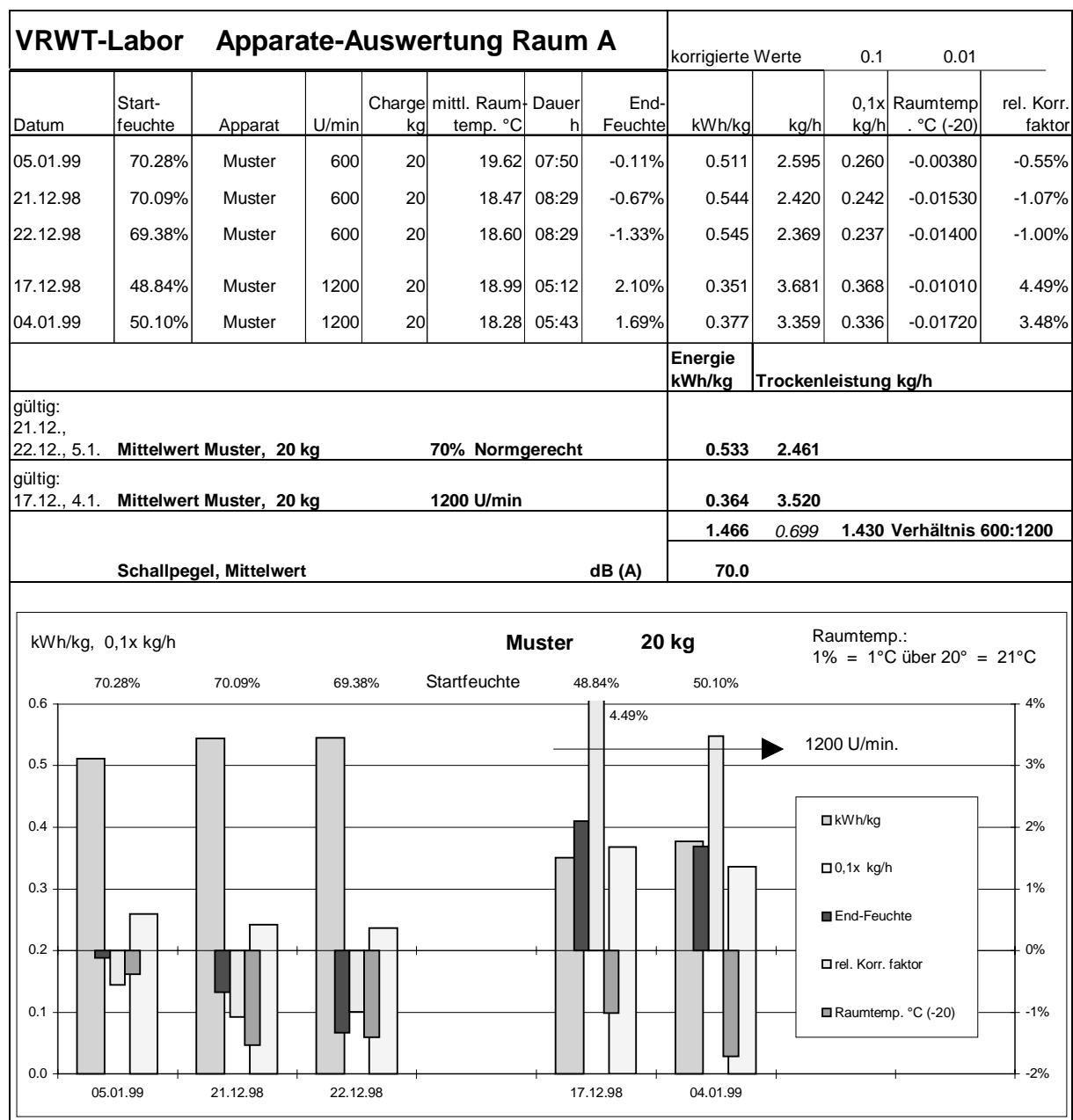


Bild 2 Zusammenfassende Auswertung einer Prüfsreihe (1 Apparat)

4. Messeinrichtungen

Nach ausführlicher Evaluation der Anforderungen und des Angebots wurden die unten beschriebenen Einrichtungen beschafft. In Zürich-Seebach konnten geeignete Prüfräume gefunden und ausgebaut werden; zur Anpassung an die Apparateleistungen wurde ein grosser und ein kleiner Prüfraum ausgerüstet. Messfühler inkl. Stromzähler und Stromzange sowie Datalogger bestehen für jeden Raum separat.

- Datalogger HP 34970A mit 20-Kanal Multiplexer HP 34901A
Genauigkeit Multimeter: 6 ½ Dig., DC 0.004 / AC 0.006 / Wid. 0.01 %/Jahr, werkseitig kalibriert + inkl. Luftfühler ZTL kalibriert 7/1998,
6 Temperaturfühler Pt 100 Vierleiter IEC A.
- Feuchtefühler Rotronic FTW65W 4V - 010W – 10, Feuchtesensor C94, zusätzl. Temperaturfühler PT 100
Genauigkeit Feuchte $\pm 2\%rF$ (10...90%rF), Temp. $\pm 0.5K$
Langzeitstabilität $< 1\%rF/Jahr$ bzw. $< 0.1 K/Jahr$
(dienen zur Prozessbeobachtung, keine besonderen Genauigkeitsanforderungen).
- Registrierung der Apparate-Speisespannungen (normal 1x 230 V), über Trenntrafos auf Datalogger. Zu beurteilen ist insbesondere die Stabilität über einen Prozess.
- Registrierung des Apparatestroms mittels Stromzange 1:1000, direkt auf Datalogger-Stromeingang (dient zur Prozessbeobachtung, keine besonderen Genauigkeitsanforderungen)
- Elektroenergie: Dreiphasige elektronische Leistungs- und Energiezähler EMU30.x4 16 A, EMU-Elektronik AG 6314 Unterägeri, Genauigkeit Kl. 2 IEC 1036
Festmengen-Impulsausgang 1 Imp./Wh (spez. parametrierbar), auf ext. Impulszähler.
- Elektronische Tischwaage Berkel MDS4 30 kg C645
Auflösung der Anzeige 10 g (eichfähig, ÷ Genauigkeit), mit Feintaste 1g, Fernanzeige.
- Eine netzgeführte elektronische Schaltuhr wird auch für die manuell festgehaltenen Zeitangaben abgelesen. Durch die Minuten-Auflösung resultiert eine mittlere Ablesegenauigkeit von ± 30 s. Die Abweichungen gehen nicht in die Energieverbrauchs-, sondern nur in die Werte der Trockenleistung ein. Bei Prozessdauern von 4...9 h liegt die relative Abweichung unter $\pm 0,2\%$
- Schallpegelmessgerät Bruel & Kjaer, älteres Modell, von der FH Luzern/Horw leihweise zur Verfügung gestellt. Für den rein informativen Zweck genügt die Genauigkeit durchaus.
- Waschmaschine Schulthess Spirit mit einstellbarer Schleuderdrehzahl (in Stufen von 200, 400 bis 1600 U/min.), zum Anfeuchten der Wäsche. Mit etwas Erfahrung kann die gewünschte Wäscheuchte nach dem Schleudern recht genau erhalten werden. Die einstellbare Drehzahl ist dafür unabdingbar.

Zur sicheren Erfassung des Elektrizitätsverbrauchs wurden die Impulsausgänge der Stromzähler (1 Imp./Wh) auf besondere Impulszähler geführt, welche vor jedem Prozess auf Null gestellt werden und somit beim Prozess-Ende genau die verbrauchten kWh anzeigen. Mit der zusätzlichen Ablesung der Zählerstände ergibt sich so eine doppelte Erfassung, welche etwaige Ablesefehler sofort auffallen lässt. Diese rückstellbaren Impulszähler sind zusammen mit den Trenntrafos und einer Anzeigeoption für das Prozess-Ende (optisch/akustisch, wenn der Apparatestrom gegen Null geht) in einem Steuerpult eingebaut. Dieses enthält auch die Stromversorgung für die Rotronic-Feuchtemessgeräte.



Bild 3 Mess-Arbeitsplatz mit Dataloggern, Switchbox, Steuerpult, PC, im Hintergrund Waage-Display, Waschtrog und Waschmaschine.

Das Steuerpult ist auf Bild 3 hinter dem linken Datalogger zu erkennen. Auf dem Datalogger steht die Switchbox zur wahlweisen Aufschaltung der Datalogger auf den PC. Diese Aufschaltung wird im Normalfall nur zur Auslesung der registrierten Daten erforderlich. Mit dem gewählten Abtastintervall von 40 s ergeben sich Datafiles von 130 bis 250 kB, für Prozessdauern von 5 bis 11 h inkl. Vor- und Nachlauf (vgl. Prüfverfahren).



Bild 4 Geöffnetes Elektrotabelleau mit elektronischen Zählern, Schaltuhr, Stromzangen etc.
Darunter rechts Display der Waage.

Die gemäss EN 61121 geforderten Messgenauigkeiten können gut eingehalten werden:

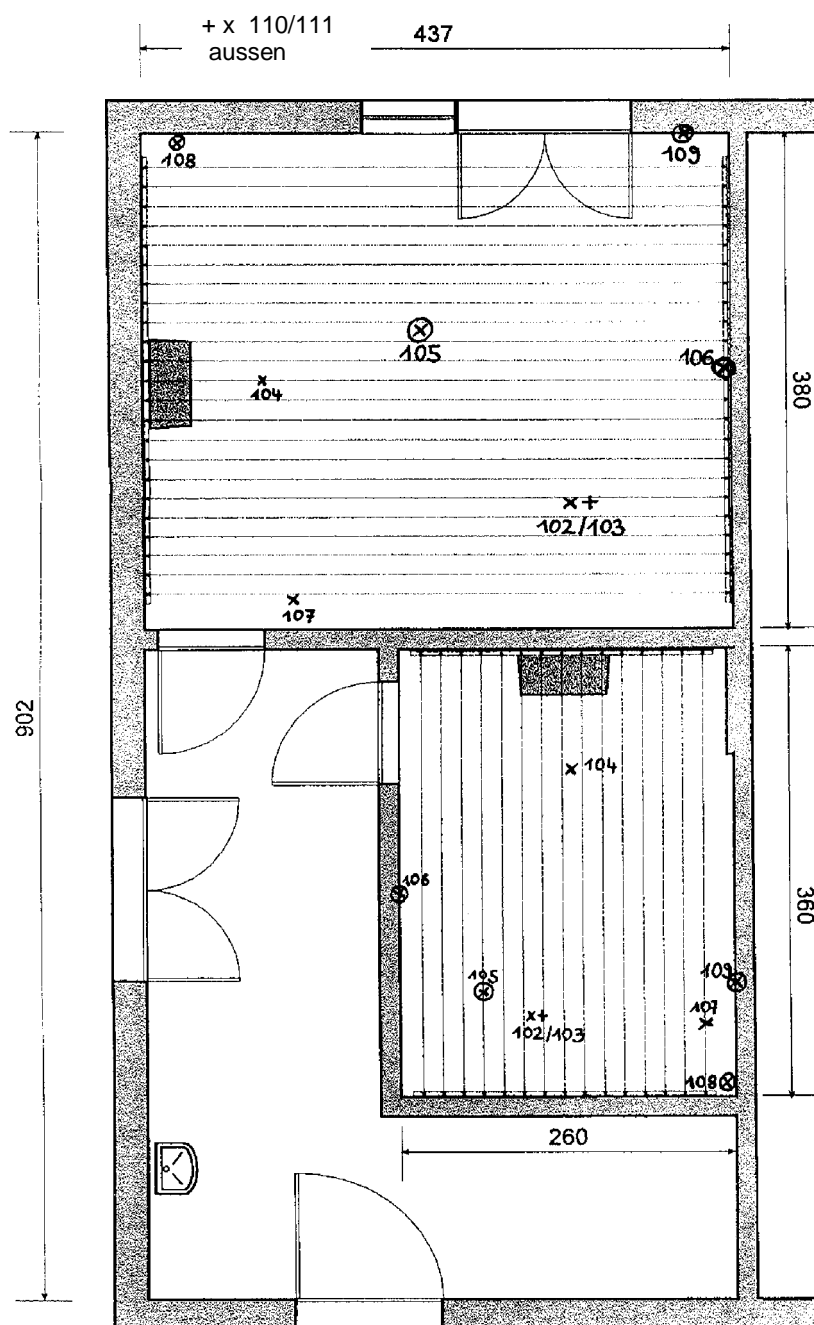
Wäschegewicht (Masse)	$\pm 0.1\%$
Temperaturen	$\pm 1\text{ K}$
Luftfeuchte rF	$\pm 3\%$ (15...25°C)
Energie	$< 10\text{ W}$ Nullfehler Leistung, $< 2\%$ bez. P_{\max} Apparat
Netzspannung	$\pm 2\%$ (Konstanthaltung), Frequenz $\pm 1\%$
Zeit	$\pm 5\text{ s}$ (für die hier viel längeren Prozesse nicht relevant)

Die Messeinrichtungen haben sich bewährt, bisher sind keine wesentlichen Probleme oder Ausfälle vorgekommen (Elektronik-Defekt der Waage wurde durch Stellen eines Ersatzgerätes überbrückt). Die konsequente Registrierung der Prozessverläufe lässt nicht nur jede Art von Fehler oder Beeinflussung während des Ablaufs (etwa längeres Öffnen der Tür oder wenn die Klimaanlage nicht ausgeschaltet war...) erkennen; sie hat schon in manchen Fällen zu interessanten Beobachtungen geführt (z.B. un stetiger Wasserabfluss von Verdampfern, als Feuchte- und Temperatursprünge feststellbar).

Bild 5 Disposition der Prüfräume und der Messfühler.

x Temperaturfühler
+ Feuchtefühler

Fühler	Typ	Höhe m
102/103:	Luft	2.03
104	Luft	1.71
105	Oberfl.	2.3
106	Oberfl.	ca. 1.5
107	Luft	0.53
108	Oberfl.	0
109	Oberfl.	ca. 1.5
110/111	Luft	aussen ca. 0.7
Wäscheleinen		1.9
Raumhöhe		2.3



5. Ergebnisse der ersten Geräteprüfungen

5.1 Bewährung des Prüfverfahrens

Die Durchführung der Prüfungen erwies sich nach einigen Korrekturen und Verfeinerungen beim Vorgehen bzw. bei den Anleitungen als relativ problemlos. Allerdings sind die Ansprüche an die Zuverlässigkeit des Prüfpersonals recht hoch, da auch scheinbar kleine Fehler zu ungültigen Prüfprozessen führen können (z.B. vergessen, Klimaanlage auszuschalten). Alle Vorgänge sind jedoch in der Anleitung beschrieben, so dass Fehler nur bei "auswendigem" unkorrektem Vorgehen entstehen. Dank der Datenregistrierung sind fast alle denkbaren Fehler nachträglich in den Diagrammen oder durch Plausibilität der Werte erkennbar und somit eine gute Qualitätskontrolle gewährleistet. Besondere Aufmerksamkeit muss der Kontrolle und Steuerung des Raumklimas vor und nach den Prozessen bei hohen und tiefen Aussentemperaturen geschenkt werden.

5.2 Energieverbräuche und Trockenleistungen

In den folgenden Grafiken sind die bisherigen Prüfergebnisse zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die früher gemessenen sehr guten Energieverbrauchswerte um 0,4 kWh/kg nur von Geräten mit dem FCKW-haltigen Kältemittel R22 erreicht werden. Diese müssen aber innert 1 – 2 Jahren durch solche mit neuen, chlorfreien Kältemitteln ersetzt werden. Die Versuchsreihen lassen aber auch darauf schliessen, dass mit neuen Kältemitteln noch ein Verbesserungspotenzial vorhanden ist.

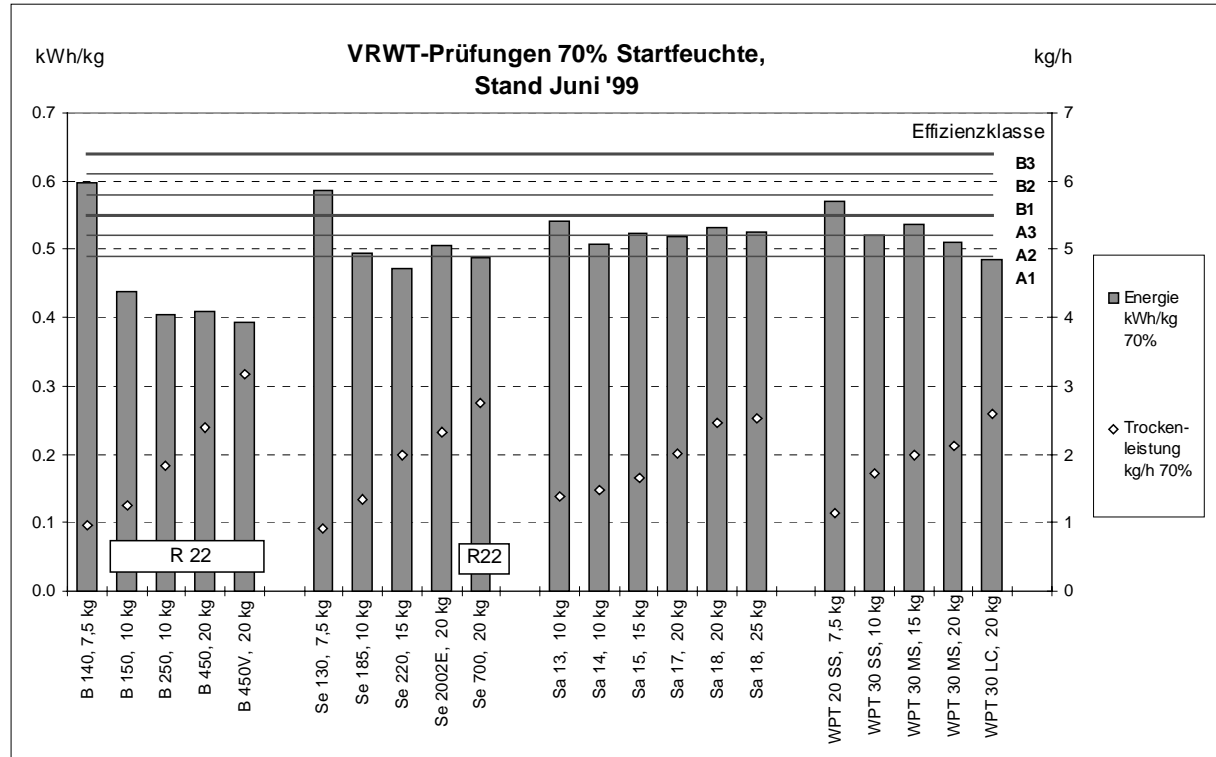


Bild 6 Gemessene Energieverbräuche und Trockenleistungen, 70% Startfeuchte (entsprechend EN 61121:1999), Stand Juni 1999.
Als Linien eingetragen sind die Effizienzklassen für die VRWT-Energie-Deklaration (vgl. 5.3)

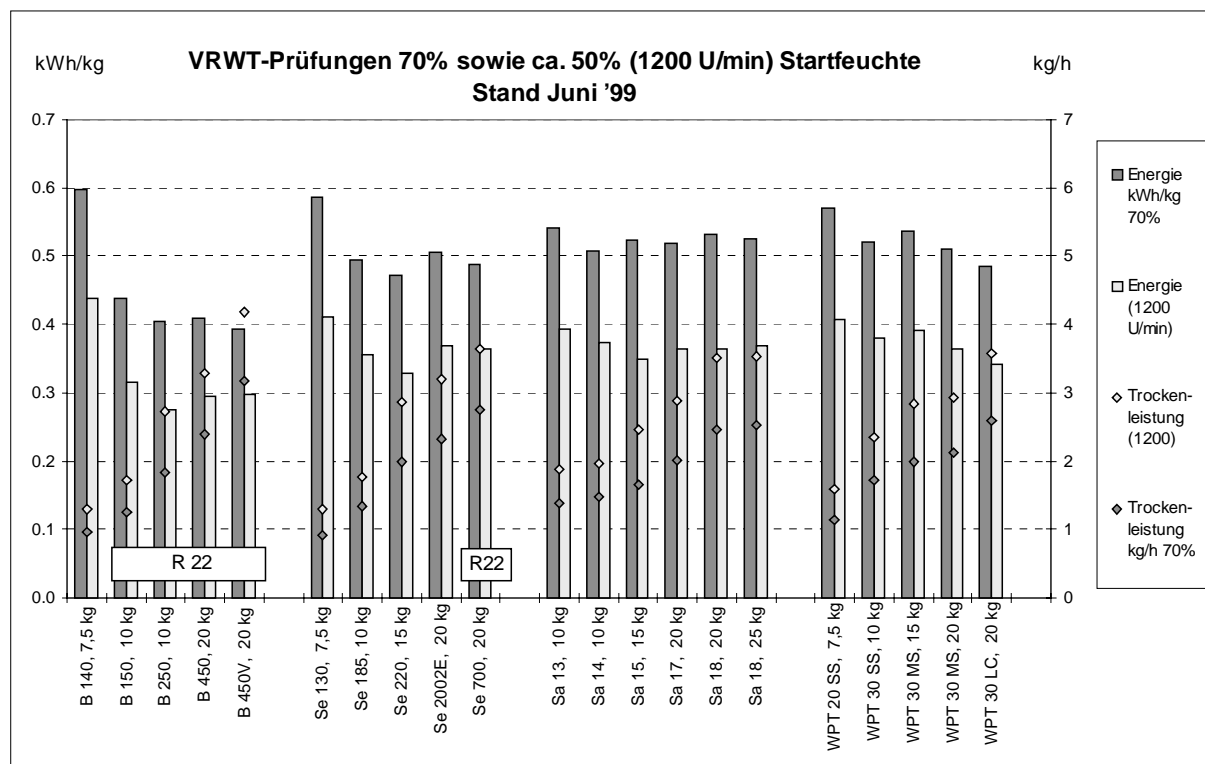


Bild 7 Gemessene Energieverbräuche und Trockenleistungen, mit 1200 U/min geschleudert (ca. 50% Startfeuchte) im Vergleich mit 70%, Stand Juni 1999. Mit praxisnahen 1200 U/min Schleuderdrehzahl resultieren Energieverbrauchswerte unter 0,4 kWh/kg auch mit neuen Kältemitteln.

5.3 Warendeklaration und Energielabel

Um die geprüften Eigenschaften zusammen mit weiteren Merkmalen der Apparate einheitlich zu dokumentieren, wurde vom Verband für die Förderung der Raumlufthäschetrockner VRWT ein Warendeklarations-Formular geschaffen, ähnlich den Formularen des Fachverbandes Elektroapparate FEA für andere Haushaltgeräte.

Der Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz von Raumlufthäschetrocknern sollen mit einem am Apparat anzubringenden Etikett (Label) angegeben werden, ähnlich der **E-Deklaration** (Etikette mit farbigen Pfeilen A...G) für Tumbler und andere Haushaltgeräte. Da aus rechtlichen Gründen die EU-konforme **E-Deklaration** nicht übernommen werden kann (in EU-Ländern sind Raumlufthäschetrockner kaum verbreitet), musste eine andere Darstellung gewählt werden. Die Abstufung der gewählten Energieeffizienz-Klassen (A1, A2, A3, B1, B2, B3) wird so bestimmt, dass auch kleine Unterschiede der verschiedenen Raumlufthäschetrockner zur Geltung kommen. Die bisher geprüften Geräte belegen alle Klassen ausser B3 (vgl. 5.2). **Bild 8 zeigt das Label und die zugehörigen Effizienzklassen.** Auf dem Label ist jeweils das Wäschegewicht der Prüfung angegeben.



Grenzwerte der Effizienzklassen, spez. Energieverbrauch "C" [kWh/kg]

A1	$C \leq 0,49$	B1	$0,55 < C \leq 0,58$
A2	$0,49 < C \leq 0,52$	B2	$0,58 < C \leq 0,61$
A3	$0,52 < C \leq 0,55$	B3	$0,61 < C \leq 0,64$

Bild 8 Label "Energie-Deklaration Raumluft-Wäschetrockner" und Effizienzklassen

6. Perspektiven, Publikationen

Das Pilotprojekt "Prüfungen von Raumluf-Wäschetrocknern" als Ganzes, in dessen Rahmen auch das Messprojekt durchgeführt wurde, konnte im 1. Halbjahr 1999 weitgehend abgeschlossen werden. Die Arbeiten konnten zum grössten Teil im jeweils vorgesehenen Zeitrahmen ausgeführt werden. Hingegen verzögerte sich die Festlegung des Prüfverfahrens in einer Departementsverordnung wegen Diskussionen um die Energie-Deklaration (eine Verwechslung mit der E-Deklaration für Tumbler sollte ausgeschlossen werden).

Im Rahmen der Berichterstattung zu Forschungs- und Pilotprojekten wurde im November 1998 ein Jahresbericht erstellt (bei ENET erhältlich). Eine erste breitere Publikation über das Vorhaben erfolgte im Februar 1999 mit der ersten Nummer der Kundenzeitschrift des Verbands für die Förderung der Raumluf-Wäschetrockner VRWT "Condens". Die bis Juni 1999 erhaltenen Prüfungsauswertungen sind in Nr. 2/99 des "Condens" zusammengestellt.

7. Anhang

Richtlinie zur Temperaturkorrektur

Prüf-Anleitung

Prüfprotokoll

Apparateprotokoll

Temperaturkorrektur

Problemstellung

Die Raum(luft)temperatur während des Trocknungsprozesses beeinflusst dessen Effizienz (spez. Energieverbrauch und Trockenleistung). Im Arbeitspapier Nr. 3 bzw. in den technischen Erläuterungen wurde vorgeschlagen, eine **mittlere Raumtemperatur** während des Prozesses als massgebend anzunehmen und mit einer Interpolation aus mehreren Prozessen Effizienzwerte für eine "Norm-Prüftemperatur" zu erhalten.

Eine gewisse Schwierigkeit des Messens einer mittleren Raumtemperatur ergibt sich dadurch, dass während des Apparatebetriebs die Lufttemperaturen durch den Energieeintrag mehr oder weniger stark ansteigen. Diese Lufttemperaturen sind daher stark von der Apparatekonstruktion abhängig und sollten nicht direkt in die Mittelwertbildung einfließen. Daher wird ein Messverfahren definiert, welches keine Messwerte bei Apparatebetrieb enthält.

Die massgebende mittlere Raumtemperatur wird wie folgt ermittelt:

Vor Prozessbeginn sowie nach Prozessende wird je ein **Zeitfenster** von 10 Minuten halb-automatisch ermittelt:

Fenster "vor Start" = 20. bis 10. Minute vor dem im Logger-Diagramm visuell bestimmten Startzeitpunkt (Apparatestrom-Sprung).

Fenster "nach Ende" = 10. bis 20. Minute nach dem Endezeitpunkt, welcher in den Apparatestrom-Loggerdaten genau gesucht wird (Sprung gegen Null). Wegen des starken Temperaturabfalls nach Ende ist diese Genauigkeit nötig.

Falls in den gefundenen Fenstern nach visueller Beurteilung Störungen (Ausschläge, zu kurze Vor-/Nachlaufzeiten) zu sehen sind, können sie korrigiert/verschoben werden. Dies ist vor dem Start i.d.R. problemlos, nach Ende müsste eine Symmetrie zum normalen Fenster erreicht werden (Anmerkung auf dem Auswertungsformular nötig)

Die Temperaturen (103 bis 109, vgl. Tabelle) werden je **anfangs und ende des Zeitfensters** aus den Logger-Daten erfasst und mit einer Gewichtung (Tabelle) gemittelt. Wenn nötig könnte auch eine Mittelung über alle gescannten Werte innerhalb des Zeitfensters gemacht werden; dies scheint aber nicht a priori sinnvoll.

Diese berechneten Mitteltemperaturen "vor" und "nach" sind jeweils im Diagramm "Temperaturen vor Start / nach Ende" eingeschrieben, womit eine Plausibilitätskontrolle möglich ist. Das massgebende Gesamtmittel ist wiederum der Mittelwert "vor"/"nach".

Diese Methode ist weitgehend im EXCEL Blatt automatisiert, es müssen nur die visuell ermittelte Start-Zeit und die in der Tabelle genau ermittelte Ende-Zeit eingetragen werden sowie eine Hilfstabelle durch kopieren nach der "Start"-Minute angepasst werden. Dazu gibt es eine Schritt-für Schritt-Anleitung (ANL_EXL).

Anmerkungen

Die Fühler in den Räumen A und B sind jeweils analog plziert, mit einer Ausnahme, weil nur der Raum A Wände zu Aussenklima hat: Fühler 109A (Wand aussen) ist dort tatsächlich im Bereich knapp über der äusseren Terrainhöhe angebracht, während 109B im Raum B an der Wand zum Vorraum ist (welcher meist ähnliche, evtl. zeitweise tiefere Temperaturen wie die benachbarte Waschküche aufweisen dürfte).

Fühler 103 ist im Rotronic-Feuchte-Messwandler integriert und ist ebenfalls ein PT100. Messungen mit unmittelbar dabei plzierten kalibrierten (ZTL) PT100 haben minimale Differenzen (≤ 0.1 K) ergeben, aber eine grössere Zeitkonstante. Die Messunsicherheit bezüglich des Gesamt-Mittelwertes dürfte daher deutlich unter ± 0.1 K liegen, die Reproduzierbarkeit noch besser, was für die angestrebte Vergleichbarkeit der Prozesse gut genügen sollte.

Tabelle Temperaturfühler

(aus dem EXCEL Muster-Arbeitsblatt)

Die 4 Zeilen mit Fühler-Temperaturwerten sind die automatisch ermittelten Werte anfangs (Zeile 1 + 2) und ende (3 + 4) der Zeitfenster.

Die **Gewichtung** könnte wenn nötig geändert werden. Kleine Verschiebungen dürften sich jedoch kaum bemerkbar machen. Die Gewichtung zwischen Luft- und Oberflächenfühlern ist auf 50 : 50% angesetzt, wie für die menschliche Raumtemperatur-Empfindung.

Begründung für einzelne Werte:

103/104/105: 2 Luft-Fühler oben im Raum zusammen 30% gegenüber unten 20%, weil die Wäsche zum grösseren Teil im oberen Bereich hängt.

105/108: 20% weil die Decke stets kühler ist als die Prozessluft und diese daher relativ stark beeinflusst. Der Boden ist ebenfalls kühler als die Prozessluft, kann diese aber – weil unten liegend – weniger beeinflussen.

Gewicht der Fühler:	<u>Luftfühler</u>					Summe Gewichte = 100%	
	15%	15%	20%	10%	20%	10%	10%
<u>b. Feuchte oben</u>	<u>b. Ausblas</u>	Decke	Wand Nachb.	<u>Luft unten</u>	Boden	Wand aussen	
103(C)	104(C)	105(C)	106(C)	107(C)	108(C)	109(C)	
	20.84	20.26	21.02	20.41	19.74	18.24	20.59
	20.89	20.25	21.01	20.40	19.73	18.24	20.58
	22.65	22.12	21.75	21.74	21.76	18.67	21.38
	22.34	21.61	21.70	21.67	21.19	18.68	21.36
Mittelwerte:							
	21.68	21.06	21.37	21.05	20.60	18.46	20.98
Gesamtmittel gewichtet:	Mittel "vor" gew.:			Mittel "nach" gew.:			
20.87 °C	20.29			21.45			

Prüf-Anleitung

1. Messeinrichtungen und Unterlagen bereitmachen

- Steckerleiste einschalten (Steuerpult und Waage EIN wenn nicht bereit)
- Feintaste der Waage (Gewichtssymbol) EIN (roter Punkt leuchtet)
- Datalogger einschalten (Switchbox auf nicht benötigten Logger oder C stellen)
- Prüfprotokoll bereitlegen, Startdaten ausfüllen (Apparateprotokoll vorhanden?)
- Scan starten** (evtl. später, 20 – 30 Minuten vor dem Hängen)

2. Wäsche vorbereiten

- Trockene Wäsche wiegen → Protokoll-Eintrag, für jede Charge notieren
- max. 5 kg aufs Mal in Waschmaschine, 40°C Programm, Schleuderdrehzahl 600 für 70% Anfangsfeuchte, 1200 für 47%; auf "letztes Spülen" springen
- Achtung nach 5 Minuten (statt schleudern) nochmals starten (2x spülen!)
knapp 1 Minute vor Ende anhalten (Taste >), feuchte Charge wiegen, soll 170% des gewogenen Trockengewichts haben ($\pm 1\%$). Wenn zu feucht, nochmals kurz schleudern (ev. austreten des Wasser abschätzen), wenn zu trocken, mit Spray (bis ca. 50 g, sonst in Waschmaschine) anfeuchten.
Vor letzter Charge aus bisherigem Feucht-Gesamtgewicht erforderliches Anfeuchten ausrechnen und entsprechend Schleudern abbrechen. Gesamtgewicht muss $170\% \pm 1\%$ -Punkt des Nominal-Trockengewichtes sein!

3. Zustand Prüfraum überprüfen (während Anfeuchten)

- Tür und Fenster **geschlossen**, Raum trocken (Tür während Scan-Vorlauf zu)
- Klimagerät aus** (linker Schieber am Raumsteuergerät) AUS (hoch)
- Richtiger Wäschetrockner montiert, Hygrostat- und Thermostat-Einstellung geprüft (Hy. ca 40%, Th. unter ca. 17°C, Heizung darf nicht einschalten)
- Flusenfilter reinigen, Eimer bereit/leer (Achtung grosser Eimer für 20 kg/70%!)

4. Wäsche hängen nach Hängeplan (bei geschlossener Tür)

5. Start

- Zähler auf Steuerpult nullsetzen (schwarzer Knopf)
- EMU-Zähler auf Tableau ablesen, Protokolleintrag **inkl. Zeit**
- Trockner sofort starten**, Licht löschen, ggf. Alarm scharfstellen
- Während der ersten Stunde die 1. **Schallmessung** machen, Protokolleintrag

6. Wenn Wäsche bald trocken

2. Schallmessung machen, Protokolleintrag.
- Durch Greifen Feuchte kontrollieren: einige Stücke dürfen noch ganz leicht feucht sein (unten/Saum). Wenn es soweit ist, Apparat ausschalten.
- Zähler ablesen** auf Tableau und Steuerpult, Protokoll-Eintrag **inkl. Zeit**
- Wäsche sofort abhängen** und in gleiche Körbe legen, **Tür wieder schliessen**
- Wäsche wiegen**, Protokoll-Eintrag (Wäsche lagern, ggf. Zettel betr. Feuchte), Gewichts Differenz Protokoll prüfen, bei zu grosser Abweichung Ursache prüfen

7. Wassereimer wiegen, leeren, wiegen, Protokoll-Eintrag, Protokoll fertigstellen

8. Frühestens 25 Minuten nach Abhängen **Scan stoppen** (→BenchLink), **Klimagerät EIN**.

Prüfprotokoll

Apparat		Raum (A/B)	
Datum:	Hygrostat %=	Prüfer	
Höhe UK Gerät m:	Wäsche:		
Geräusch dB A in 2.5 m: (Blickrichtung Apparat)	nach Start vor Ende	links	Mitte rechts
Leinenanordnung	Parallel, Abstand cm:	Sunline	
Startdaten		Endedaten	
Wäsche trocken g		Wäsche trocken g	
Total=		Total=	
Wäsche feucht g		Wasser + Eimer g	-
		Eimer g	
Total=	%	Wasser netto = %	
Schleuderdrehzahl		Zeit	
Zählerstand kWh		Zählerstand kWh - Stand vorher (links) = Differenz kWh	=
Zeit (Schaltuhr)		Steuerpult Anzeige	
Evtl. Bemerkung zum Hängen:		Evtl. Bemerkung zum Ablauf:	

Apparateprotokoll

Apparatelieferung, Datum

Firma

Apparat Typ.....

Lauf-/Serien-Nr.....

Evtl. Aenderung gegenüber Serie

Montage UK Apparat Abstand ab Boden [m]

(Wäscheleinen sind 1,9 m ab Boden)

Evtl. andere Montagevorschrift.....

Wäscheleinen evtl. besondere Anordnung.....

Telefon-Nr. bei Problemen

Apparatedatenblatt unbedingt mitliefern!