

---

**Prozesstechnik-Forum „Energieeffiziente Trocknung“  
am 9. November 2016, 10:00 – 16:25 Uhr,  
im ECKD Event- und Tagungszentrum Kassel**

**Keynote: Prof. Andreas Bück, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

Die Trocknung bezeichnet die Entfernung eines Flüssigkeitsgemisches aus einer feststoffhaltigen Lösung, Suspension oder Schmelze aus Geweben, Haufwerken, Filmen usw. Eine Trocknung von Produkten wird aus unterschiedlichsten Gründen durchgeführt, die auf prozess- oder produktbasierte Anforderungen zurückzuführen sind. So werden Trocknungsprozesse bspw. durchgeführt, um die Handhabung, bspw. das Fließverhalten zu verbessern oder toxische Rückstände zu entfernen. Weitere produktseitige Anwendungen beziehen sich bspw. auf die Stabilisierung und Konservierung oder die Reduzierung von Transport- und Lagerkosten durch Entfernung nicht benötigter Flüssigkeiten. Zudem dienen viele Trocknungsprozesse der Struktur- oder Texturbildung und somit dem Einstellen bestimmter Produkteigenschaften.

Für thermische Trockner gibt es keine Standardklassifizierung. Es befinden sich ca. 500 Typen in Benutzung. Eine Möglichkeit, Trockner einzuteilen besteht in der Einteilung nach der Energiezufuhr. Dabei kann zwischen der Konvektionstrocknung, bei der die Wärmezufuhr über ein strömendes Gas oder Dampf stattfindet, der Kontaktstrocknung, bei der die Wärmezufuhr über Kontakt des Materials mit beheizten Flächen stattfindet, oder der Strahlungstrocknung, bei der die Wärmezufuhr über elektromagnetische Wellen stattfindet, unterschieden werden. Etwa 75% der Gesamtkapazität von Trocknern sind der Konvektionstrocknung zuzuordnen, weitere 20% der Kontaktstrocknung und weniger als 5% der Strahlungstrocknung. Bei der Vakuum- und Gefriertrocknung handelt es sich um eine Spezialanwendung.

Trocknungsprozesse sind im Allgemeinen sehr energieintensiv und benötigen signifikante Anteile des Endenergiebedarfs in der Industrie. Beispielsweise sind etwa 10% des Endenergiebedarfs in der Industrie im Vereinigten Königreich auf Trocknungsprozesse zurückzuführen. In Europa sind im Bereich Milchverarbeitung etwa 8% auf Trocknungsprozesse zurückzuführen.

Bezogen auf den Energieeinsatz in Relation zur Energiemenge der entfernten Flüssigkeit variieren durchschnittliche Trocknerwirkungsgrade zwischen 20% und 90%. Bei der Sprühtrocknung, einer Spezialanwendung, die u. a. für die Herstellung von Milchpulver angewendet wird, liegen die Wirkungsgrade zwischen 45% und 60%.

Zur Steigerung der Energieeffizienz von Trocknungsprozessen lassen sich im Wesentlichen drei Strategien unterscheiden: Maßnahmen zur Energieeinsparung, zur Energierückgewinnung und die Prozessintensivierung von Trocknungsprozessen.

Maßnahmen zur **Energieeinsparung** haben zum Ziel, den (thermischen) Energiebedarf in der Prozesskette zu reduzieren.

- Ein Beispiel ist der Einsatz mechanischer Vortrocknung, die den Energiebedarf über die ganze Prozesskette insgesamt senken kann. Des Weiteren können reduzierte Wärmeverluste durch verbesserte Isolierung der thermischen Komponenten erzielt werden. Diese Möglichkeit kann je nach Trocknergröße jedoch hohe Investitionen erfordern.
- Des Weiteren sollte bei konvektiven Trocknern geprüft werden, inwieweit der Gasbedarf optimiert werden kann. Die Beheizung zu hoher Gasströme ist nicht effizient, jedoch sind

auch Grenzen durch notwendige Sättigungsbeladungen zur Erlangung der gewünschten Trockenheit zu beachten. Es muss also im praktischen Anwendungsfall abgewogen werden, welche Menge Gas für den konkreten Anwendungsfall optimal ist.

- Bei Batch-Prozessen sollte die Über Trocknung vermieden werden. Jedoch gestaltet sich hier das Einstellen von Parametern komplex, da zum einen die Anforderungen sehr spezifisch sind und zum anderen Vorlageeigenschaften (darunter auch Umgebungsbedingungen) stark schwanken können. Regelungssysteme können hier Abhilfe schaffen.

Maßnahmen der **Energierückgewinnung** haben zum Ziel, ungenutzte Energie zu nutzen. Eine gängige Methode zur Bewertung dieser Energieeffizienzoption ist die Pinch-Analyse, die einen ganzheitlichen Blick auf die jeweils betrachtete Industrieanlage erfordert.

- Bei konvektiven Trocknern sollten Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung der im Abgas enthaltenen Wärme (Heißluft) zum Aufheizen des eintretenden Gas- oder Dampfstromes oder anderweitige Anwendungen unbedingt geprüft werden. Bei konvektiven Trocknern, die Gasströme verwenden, kann die Temperaturdifferenz zwischen Abgas und Eintrittsstrom jedoch manchmal zu klein sein, damit diese Maßnahme wirtschaftlich ist. In diesen Fällen sind große Wärmeübertragungsflächen notwendig, was wiederum hohe Investitionen mit sich bringt. Zudem können Abgasströme mit Schadstoffen belastet sein, was zum einen Fouling (Abnutzung) an den Übertragerflächen bewirken kann. Zum anderen kann die Schadstoffbelastung jedoch auch eine Abgasreinigung oder manchmal auch eine Abgasnachverbrennung erfordern, was wiederum die nutzbaren Temperaturbereiche einschränkt oder zumindest den apparativen Aufwand erhöht.
- Eine Alternative, den vorangegangenen Problemen entgegenzuwirken, ist es, bei konvektiven Trocknern überhitzten Dampf zu verwenden. Dabei sind die Sicherstellung der Dichtigkeit, das Ausschleusen des Produktes und die Vermeidung von Kondensation am Produkt jedoch komplex. Zudem ist das Temperaturniveau bei der Heißdampftrocknung hoch, was den Einsatz für bestimmte Produkte einschränken kann.
- Unter Annahme eines steigenden Anteils von Erneuerbarer Energien im Stromerzeugungsmix sollte auch der Einsatz alternativer Wärmeerzeuger, bspw. Wärmepumpen, geprüft werden. Hier können Abwärmeströme auch auf niedrigen Temperaturniveaus sinnvoll zum Steigern der Leistungszahl der Wärmepumpe genutzt werden. Wärmepumpen sind jedoch in der lieferbaren Temperatur beschränkt und für einige Prozesse daher noch nicht anwendbar. Des Weiteren wird in vielen Fällen notwendige mechanische Arbeit durch Elektromotoren erzeugt, was mitunter zu unwirtschaftlichen Betriebskosten in den Anlagen führen kann. Im Einzelfall sind somit insbesondere vorhandene Abwärmequellen, notwendige Temperaturen und Strombezugpreise zu prüfen.

Maßnahmen zur **Prozessintensivierung** haben das grundlegende Ziel, Wärme- und Stoffübergangswiderstände gezielt abzubauen und damit die Trocknungszeit zu verkürzen.

- Ein Beispiel der Prozessintensivierung bei der Konvektionstrocknung ist das Einbringen von (dampfbeheizten) Heizflächen im Trockner. Dabei wird ein zusätzlicher Wärmeübergang durch Feststoff-Kontakt mit der Heizfläche erzeugt. Nachteile können jedoch durch Einflüsse auf das Strömungsprofil und möglicherweise Fouling auf den Heizflächen entstehen. Zudem ist die mögliche Wärmeübertragungsfläche im Trockner beschränkt.
- Ein weiteres Beispiel der Prozessintensivierung bei der Konvektionstrocknung ist der Einsatz von Düsenfeldern mit hohen Anströmgeschwindigkeiten im Trockenraum. Die hohen Anströmgeschwindigkeiten sorgen für einen hohen lokalen Wärme- und

Stoffübergang. Diese Maßnahme ist zum Trocknen von Textilien, Papier, Folien, Lacken usw. einsetzbar. Das Anströmen kann jedoch zur Veränderung der Oberfläche führen, was einen Nachteil darstellt. Zudem ist es schwierig, eine örtlich gleichmäßige Anströmung mit wenig Düsen zu erzeugen. Dem kann entgegengewirkt werden, indem Lochplatten statt Düsen eingesetzt werden. Dies senkt jedoch die erzielbaren Wärmeübergangskoeffizienten ab.

- Bei der Wirbelschichttrocknung kann eine Intensivierung durch induktive Beheizung erfolgen. Dabei werden elektromagnetisch aktive Materialien (Hohlkugeln) dem Wirbelschichtbett hinzugegeben. Das Wirbelschichtbett wird daraufhin mit Luft durchströmt und die Hohlkugeln erreichen dabei einen flüssigkeitsähnlichen Zustand (werden ko-fluidisiert). Schließlich werden die fluidisierten Hohlkugeln durch ein elektromagnetisches Wechselfeld (Induktion) beheizt und übertragen Wärme an die übrigen Teile im Feststoffbett. Vorteile des Verfahrens sind, dass sehr große und bewegliche Übertragungsflächen erzeugt werden können. Zudem gibt es Möglichkeiten zur Selbstreinigung des Wirbelbetts. Ein Nachteil ist, dass elektrische Energie zur Erzeugung des elektromagnetischen Feldes notwendig ist, was zu hohen Betriebskosten führen kann. Zudem ist eine Abtrennung der Hohlkugeln vom Produkt notwendig.
- Weitere Maßnahmen der Prozessintensivierung bestehen in dem Einsatz elektromagnetischer Strahlung, bspw. Mikrowellen, oder Infrarotstrahlung. Dabei erfolgt der Wärmeübergang über die Gutoberfläche. Ein Vorteil ist, dass aufgrund eines breiten Strahlungsspektrums materialspezifische Eindringtiefen eingestellt werden können. Ein Nachteil bezieht sich auch hier auf die notwendige elektrische Energie. Zudem sind Erfahrungen zur Interaktion zwischen Materialien und elektromagnetischen Wellen nur punktuell vorhanden.

Somit existieren zahlreiche mögliche Maßnahmen aus verschiedensten Themenfeldern zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. zur Verbesserung der Energieausnutzung bei der Trocknung, die im Einzelfall zu prüfen sind. Beschränkungen des Einsatzes ergeben sich unter Umständen aus der Wirtschaftlichkeit, insbesondere dann, wenn elektrische Energie eingesetzt werden soll.

---

**Prozesstechnik-Forum „Energieeffiziente Trocknung“  
am 9. November 2016, 10:00 – 16:25 Uhr,  
im ECKD Event- und Tagungszentrum Kassel**

**Dr.-Ing. Thomas Ziegler, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.  
(ATB), Potsdam**

### **Workshop 1: Thermische Trocknung und ihre Energieeffizienzpotenziale**

Im WS Thermische Trocknung wurden die Prinzipien der Dächerschachttrocknung, der wärmepumpenunterstützten Flächentrocknung und der Bandtrocknung für die Lebensmittel- und Futtermittelindustrie erläutert. Im Rahmen des Workshops bildete die Flächentrocknung das Schwerpunktthema.

Die konstruktiven und strömungstechnischen Einflüsse auf das Trocknungsergebnis wurden am Beispiel der Getreidetrocknung für Dächerschachttrockner vorgestellt. Konstruktive Optimierungen, insbesondere durch eine modellbasierte Vergleichmäßigung der Partikelbewegung und der Luftverteilung, lassen eine Effizienzsteigerung von bis zu 20 % erwarten.

Das Beispiel der Flächentrocknung für Arznei- und Gewürzpflanzen wurde sehr intensiv diskutiert. Dabei sind nicht nur technische, sondern auch arbeitsorganisatorische und betriebswirtschaftliche Randbedingungen zu beachten. Frisch geerntete Ganzpflanzen werden in einer geschlossenen Halle mit einem Teleskoplader auf einen zum Betonboden ebenerdigen Rostboden aufgelegt. Die Beschickung erfolgt bis zu einer Schütthöhe von etwa 120 cm. Bereits in diesem Schritt haben eine gleichmäßige Verteilung, eine einheitliche Belegungshöhe und die Auflockerung des Trocknungsgutes Einfluss auf den Verlauf und die Parameter des Trocknungsprozesses.

Für die Trocknungsphase mit Wärmepumpen wurden zunächst unterschiedliche Varianten der Luftführung erläutert. Die vorgewärmte Luft wird von unten durch das Trocknungsgut geblasen. Die feuchte Abluft wird abgesaugt und als Wärmequelle für die Wärmepumpen genutzt. In der sich anschließenden Trocknungsphase mit konventioneller Lufterwärmung kann ein Teil der Abluft zurückgeführt werden. Eine sukzessive Steigerung des Umluftanteils ermöglicht eine erhebliche Reduzierung des spezifischen thermischen Energiebedarfs. Diese Variante wurde in der vorgestellten Trocknungsanlage jedoch nicht realisiert, da die relativ warme und trockene Abluft in einer zweiten Trocknungshalle genutzt wird. Unter realen Trocknungsbedingungen wurden im Verlauf einer ganzen Ernteperiode Primärenergieeinsparungen von 38 % nachgewiesen.

Anschließend wurde die kontinuierliche Bandtrocknung erläutert. Anlagentechnische Varianten zur Effizienzsteigerung konnten aus Zeitmangel leider nicht mehr diskutiert werden. Zur Einsparung von Energiekosten wurde auch die zeitliche Entwicklung der Energiepreise analysiert. Die Ergebnisse von zwei Fallstudien sind in der Präsentation zusammengefasst.

### **Literatur**

Ziegler, T.; Jubaer, H.; Mellmann, J. (2013). Simulation of a heat pump dryer for medicinal plants. Chemie Ingenieur Technik 85 (3), 353-363. DOI: 10.1002/cite.201200123 (online: 15.11.1012).

- Ziegler, T.; Jubaer, H.; Schütz, M. (2016). Increasing the energy efficiency of batch-type drying with partial air recirculation. *Chemie Ingenieur Technik* 88 (1-2), 208-214. DOI: 10.1002/cite.201400150 (online: 04.12.2015).
- Scaar, H.; Franke, G.; Weigler, F.; Delele, M.; Tsotsas, E.; Mellmann, J. (2016). Experimental and numerical study of the airflow distribution in mixed-flow grain dryers. *Drying Technology* 34 (5), 595-607. DOI: 10.1080/07373937.2015.1064946 (online: 17.07.2015).
- Weigler, F.; Scaar, H.; Franke, G.; Mellmann, J. (2016). Optimization of mixed flow dryers to increase energy efficiency. *Drying Technology* (accepted paper). DOI: 10.1080/07373937.2016.1230627 (online: 11.11.2016).

---

**Prozesstechnik-Forum „Energieeffiziente Trocknung“  
am 9. November 2016, 10:00 – 16:25 Uhr,  
im ECKD Event- und Tagungszentrum Kassel**

**Prof. Bernhard Hoffner, Hochschule Mannheim**

### **Workshop 2: Mechanische Trocknung**

Die mechanische Flüssigkeitsabtrennung oder Trocknung bezeichnet die Flüssigkeitsabtrennung aus Fest-Flüssigstoffgemischen durch mechanische Kräfte (Gasdifferenzdruck, Pressdruck, hydrostatischer Druck). Pro Kilogramm entfernte Flüssigkeit können mechanische Trocknungsprozesse um mehrere Größenordnungen geringere Energiekosten erfordern und damit eine nachgeschaltete thermische Trocknung massiv entlasten. Zudem sind die Prozesszeiten meist kürzer und eine integrierte Waschung ist mit der mechanischen Trocknung möglich.

Mit der mechanischen Trocknung kann absolute Trockenheit bedingt durch physikalische Grenzen nicht erreicht werden (Remanente Sättigung) und eine Produktformulierung ist ebenfalls nicht möglich. Beides ist hingegen mit der thermischen Trocknung umsetzbar. In vielen Fällen kann die mechanische Trocknung jedoch sinnvoll zur Entfernung des größten Wasseranteils eingesetzt werden, auch wenn absolute Trockenheit oder Produktformulierung notwendig sind. Dabei können erhebliche Energiemengen und somit Prozesskosten eingespart werden.

Die Optimierung von Trocknungsprozessen erfordert die Betrachtung der ganzen Prozesskette und der Randbedingungen, insbesondere dann, wenn mechanische und thermische Trocknung kombiniert werden sollen. Ein Beispiel ist die Bestimmung des optimalen Gasdifferenzdrucks bei der kuchenbildenden Filtration. Mit steigender Trocknungszeit fällt die Restfeuchte, jedoch steigt im Gegenzug der sich ergebende Gasvolumenstrom. Es kann somit ein optimaler Gasdifferenzdruck bzw. Trocknungszeit im Hinblick auf die Betriebskosten für den Prozess bestimmt werden. Um festzustellen, ob dieser Punkt für den vollständigen Trocknungsprozess optimal ist, müssten jedoch die Anforderungen der nachfolgenden Prozesse mit berücksichtigt werden.

Hybride Trocknungsverfahren kombinieren die thermische und mechanische Trocknung. Die Stofftrennung wird somit durch mechanische Verdrängung und Phasenwechsel erreicht. Für viele Anwendungen können diese Verfahren mögliche Alternativen darstellen, zumal der Transferschritt zwischen unterschiedlichen Anlagen entfallen kann.

In der praktischen Umsetzung scheitern der sequentielle Einsatz von mechanischer und thermischer Trocknung und der Einsatz hybrider Verfahren häufig daran, dass Prozesse bereits ausgelegt und implementiert sind und eine Neuauslegung von Prozessen gescheut wird. Ursachen sind divers, wie bspw. fehlende Kenntniss, fehlendes Kapital, aber auch insbesondere Opportunitäten, die sich aus dem regulären Tagesgeschäft ergeben.

**Prozesstechnik-Forum „Energieeffiziente Trocknung“  
am 9. November 2016, 10:00 – 16:25 Uhr,  
im ECKD Event- und Tagungszentrum Kassel**

**Dr. Barbara Sturm, Universität Kassel**

**Workshop 3: Messen, Steuern, Regeln in der Trocknungstechnik am Beispiel der Lebensmittelverarbeitung**

Empirische Analysen haben gezeigt, dass die Trocknerwirkungsgrade teilweise noch unter den in der Literatur genannten unteren Werten liegen. Häufig werden einmal eingestellte Parameter über sehr lange Zeiträume nicht überprüft bzw. geändert.

Auch wird nur noch eingeschränkt Forschung und Entwicklung im Bereich der Trocknung von Produkten betrieben, obwohl insbesondere im Bereich der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik neue Ansätze und Techniken zur Verfügung stehen.

Trocknung muss als dynamischer Prozess begriffen werden, eine Betrachtung als Black-Box ist nicht zielführend. Bei Optimierungsbetrachtungen ist die gezielte Einbeziehung der Phasencharakteristik vorteilhaft, z.B. eine mehrstufige Trocknung mit Phasensteuerung.

Für eine produkt- und energieeffiziente Trocknung ist die Verknüpfung der Informationen wichtig: Die Auswertung der jeweils produktspezifisch erhaltenen Daten zum Trocknungsverlauf, die Modellierung und Simulation von Wärme- und Stofftransport sowie -übergang, die Entwicklung von Auswertungsalgorithmen für Bild- und Spektraldaten, die Sensorfusion (u. a. Deep-Learning Methoden) und schließlich die Ableitung von Regelungsstrategien. Bei diesem Vorgehen ist es möglich, eine gleichzeitige Steigerung von Produktqualität, Energieeffizienz und Prozesseffizienz zu erreichen.

Wichtigste Größe ist jedoch die Produktqualität. Energieeffizienzmaßnahmen zu Lasten der Qualität sind unter Beachtung der gesamten Prozesskette kontraproduktiv. Eine Verringerung der Ausschussrate kann höhere Energie-, CO<sub>2</sub>- und Materialeinsparungen erbringen als eine einseitige Optimierung des Trockner-Energiebedarfs.

---

## **Prozesstechnik-Forum „Energieeffiziente Trocknung“**

**am 9. November 2016, 10:00 – 16:25 Uhr,  
im ECKD Event- und Tagungszentrum Kassel**

**Prof. Eberhard Jochem, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien**

### **Workshop 4: Einkauf, Lebenszykluskosten und Rentabilität sowie Finanzierung bei Energieeffizienzinvestitionen von Trocknungsanlagen**

Bei den Energieanwendern laufen derzeit mehrere Entscheidungsrouinen in vielen Unternehmen gegen ihre eigenen wirtschaftlichen Interessen. Das kann auf Dauer die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens erheblich schwächen:

- 80 % der Unternehmen treffen ihre Entscheidung für oder gegen eine Energieeffizienzinvestition allein nach der Amortisationszeit, so eine Umfrage des ISI aus den Jahren 2009 und 2013. (Schröter u.a. 2009; Mielicke u.a. 2014). Zwei, drei Jahre geforderte Amortisationszeit führt sehr häufig zu einer systematischen Fehlentscheidung, weil die meisten Energieeffizienzinvestitionen Lebensdauern von 10 und mehr Jahren haben (Kälteerzeugung, Druckluftherzeuger, Ventilatoren, Pumpen, Trockner). Damit werden Investitionen mit einer internen Verzinsung von mehr als 30% verworfen (vgl. Tabelle).
- Der Einkauf hat häufig nicht hinreichend Spezifikationen zu energieeffizienten Komponenten in seinen Ausschreibungen für neue Trocknungsanlagen und Peripherie. Dies führt zu unnötig hohen Energiekosten bei neuen Maschinen und Anlagen, weil die großen Energieverbraucher unerkant bleiben.
- Auch bei Instandhaltungsplänen könnten die Unternehmen häufig kleinere Verbesserungsinvestitionen zur Energiekostensenkung vorsehen (z. B. verbesserte Regelelektronik, Wärmerückgewinnung).
- Der Einkäufer verhandelt zuweilen auf weitere Preissenkungen des Herstellers. Das weiß der Anbieter und baut möglicherweise preisgünstige, ineffiziente Komponenten in seine Produkte ein, um den Zuschlag ohne großen Margenverlust erhalten zu können.
- Die Geschäftsleitungen finanzieren die Energieeffizienzinvestitionen häufig aus dem Cashflow. Wenn dieser für die strategischen Investitionen verausgabt ist, wird kaum über Fremdfinanzierung für Energieeffizienz nachgedacht. Die Effizienzinvestition wird unterlassen oder verschoben anstelle Contracting oder „split savings“ zu erwägen.

Diese Entscheidungsmuster der Unternehmen werden häufig von den Herstellern aufgegriffen und oft vom Großhandel und den Banken noch bestätigt.

- Die Maschinen- und Anlagenherstellern bieten ihre energieeffizienten Optionen häufig auch nur mit Angabe der Amortisationszeit an, anstatt in ihren Angeboten immer auch die interne Verzinsung der effizienteren Lösung oder einen Lebenszyklus-Kostenvergleich anzugeben (VDMA 2003). Hierbei können auch Effekte wie z. B. höhere Produktivität (kürzere Taktzeit, weniger Ausschuss) oder gleichmäßigere Qualität den Nutzen der Energieeffizienzinvestition beeinflussen (VDI 2884; (2005).



- Die Banken schauen auf die Bonität des Unternehmens; sie können/ wollen nicht Investitionen finanzieren, von denen der Kunde sagt, sie seien extrem rentabel und würden seine Gewinn- und Wettbewerbssituation verbessern. Dazu fehlt ihnen das technische Knowhow.

Tabelle: Amortisationszeiten messen Risiko und nicht Wirtschaftlichkeit (Rentabilität); sie führen dadurch zu Unter-Investment bei langfristigen Investitionen wie z. B. zur Energieeffizienz. So hat eine Effizienz-Investition, die mehr als zwei bzw. drei Jahre Amortisationszeit hat und eine Lebensdauer von 10 Jahren, eine interne Verzinsung von knapp unter 49% bzw. knapp unter 31%.

geforderte Amortisationszeit in Jahren	Interne Verzinsung in % pro Jahr <sup>1)</sup>							
	Anlagennutzungsdauer in Jahren							
	3	4	5	6	7	10	12	15
2	24%	35%	41%	45%	47%	49%	49.5%	50%
3	0%	13%	20%	25%	27%	31%	32%	33%
4		0%	8%	13%	17%	22%	23%	24%
5			0%	6%	10%	16%	17%	18.5%
6	<b>unrentabel</b>			0%	4%	10.5%	12.5%	14.5%
8						4.5%	7%	9%

<sup>1)</sup>unterstellt wird eine kontinuierliche Energieeinsparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer bei vier Jahren Amortisationszeit abgeschnittene rentable Investitionsmöglichkeiten, die zuweilen ein Geschäftsfeld von Contracting sind

Quelle: IREES

Die Teilnehmer des Workshop 4 waren sich einig, dass die Verbände der Wirtschaft, besonders die der Technologieanbieter und der beratenden Ingenieure, sowie die IHKs eine besondere Verantwortung haben, dass die Entscheidungsprotokolle in den Unternehmen auf eine erweiterte Basis gestellt werden müssen und somit zu schnelleren Energiekosten-Senkungen in der Wirtschaft zu gelangen.

Außerdem wurde festgehalten, dass die Fördermöglichkeiten für Energieeffizienzinvestitionen für Nicht-KMU in den letzten beiden Jahren ausgeweitet wurden. Hierzu wird eine spezielle Ausarbeitung des IREES an die Teilnehmer des Prozesstechnikforums versandt.

## Literatur

Schröter, M.; Weißfloch, U.; Buschak, D. (2009): Energieeffizienz in der Produktion – Wunsch oder Wirklichkeit? Energieeinsparpotenziale und Verbreitungsgrad energieeffizienter Techniken. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung. No. 51, Karlsruhe

VDI 2884; (2005): Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von LCC Life Cycle Cost. Beuth, Berlin

VDMA (2003): Pumpen-Lebenszyklus-Kosten – Ein Leitfaden zur LCC-Analyse an Pumpensystemen. VDMA Verlag, Frankfurt