

Schlussbericht **Dezember 2005**

Umsetzung eines mehr- sprachigen internetgestützten Benchmarking von Druckluftanlagen

ausgearbeitet durch

Dr. Peter Radgen
Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe, Deutschland

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

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Résumé	2
Abstract	2
1 Ausgangslage und Vorgehen	3
2 Technik	4
2.1 Funktionsprinzip	4
2.2 Ablauf des Benchmarking	4
2.3 Berechnete Kennzahlen	6
3 Anpassung an Schweizer Rahmenbedingungen.....	7
3.1 Sprachanpassungen	8
3.2 Anpassungen der Rechnungswährung	9
3.3 Möglichkeit zur Auswahl von Vergleichsgruppen	9
4 Darstellung der Ergebnisse	11
5 Publikationen und Verbreitung	13
6 Quellenverzeichnis	14
7 Anhang	14
7.1 Artikel Industrieanzeiger	14
7.2 Tagungsbeitrag ACEEE Konferenz "Energy Efficiency in Industry"	17

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurde ein internetbasiertes Benchmarking für Druckluftanlagen für die Schweiz entwickelt und zur Nutzung durch Unternehmen bereitgestellt. Das Benchmarking steht dabei sowohl in deutscher als auch in französischer und englischer Sprache zur Verfügung. Es wurde zudem dahingehend erweitert, dass neben der Währung Euro auch Schweizer Franken und Angaben in anderen Währungen genutzt werden können.

Neben der Entwicklung und dem Hosting des Servers für das internetgestützte Benchmarking (www.druckluft.ch) wurde begonnen, das Angebot in der Schweiz bekannt zu machen, um eine möglichst große Zahl von Teilnehmern zu gewinnen. Im Rahmen dieses Projektberichtes werden die Grundlagen des Benchmarkings erläutert. Die Intensivierung der Verbreitung des Angebotes in der Schweiz wird im Rahmen der angelaufenen Kampagne „Druckluft Schweiz“ erfolgen.

Résumé

Dans le cadre de ce projet, un système de benchmarking pour les systèmes d'air comprimé a été développée pour la Suisse et mise à la disposition des entreprises. Ce système est disponible en allemand, anglais, et français. Le système a également été flexibilisée de sorte que le système admet d'autres monnaies que l'Euro ou le Franc Suisse.

En plus du développement et de l'accueil du serveur pour ce système Internet (www.air-comprime.ch), une opération de publicité a été lancée en Suisse pour attirer le plus grand nombre d'entreprises possible à participer à l'étude. Dans ce rapport, les principes du benchmarking à la base de l'étude sont expliqués. Une diffusion intensifiée de cette offre en Suisse suivra dans le cadre de la campagne en cours « Druckluft Schweiz ».

Abstract

An Internet-based benchmarking for compressed air systems was developed within the scope of this project for Switzerland and made available for companies to use. There are German, French, and English versions. In addition, the benchmarking was extended such that data can be entered in currencies other than Euro and Swiss Francs.

Alongside developing and hosting the server for the Internet-supported benchmarking (www.druckluft.ch), work has begun on publicising the offer in Switzerland in order to get the largest possible number of participants involved. This project report explains the basics of benchmarking. Intensifying the diffusion of the offer in Switzerland is to be done within the „Druckluft Schweiz” campaign, which is already up and running.

1 Ausgangslage und Vorgehen

Auf elektrische Antriebe in der Industrie entfallen mehr als zwei Drittel des industriellen Strombedarfs. Neben Pumpen und Ventilatoren kommt dabei insbesondere der Druckluftherzeugung eine besondere Bedeutung zu, da Studien in der EU und in der Schweiz gezeigt haben, dass in diesem Bereich wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale in einer Größenordnung von 20 bis 40 % realisiert werden können. In der Praxis unterbleiben Optimierungsmaßnahmen jedoch häufig, da die Einsparpotenziale oft nicht bekannt sind und eine kontinuierliche Überwachung des Energieverbrauchs nicht erfolgt.

Um diese Wissenslücke zu schließen und Anreize zur Optimierung von Druckluftanlagen zu geben, wurde in Deutschland im Rahmen der Kampagne „Druckluft effizient“ ein internetbasiertes System zum Benchmarking von Druckluftanlagen entwickelt.

Ziel des vorliegenden Projektes war es, das erfolgreich in Deutschland eingeführte Druckluft-Benchmarking auch für Schweizer Unternehmen als Baustein der Kampagne „Druckluft Schweiz“ zur Verfügung zu stellen. Durch ein internetgestütztes Benchmarking lässt sich auf einfache und komfortable Art eine Erstanalyse von Druckluftsystemen durchführen, ohne dass zuerst Messungen durchgeführt werden müssen oder ein externer Berater hinzugezogen werden muss. Typischerweise liegen bei der Druckluftherzeugung die Stromsparpotenziale zwischen 20 und 30 %, in Einzelfällen jedoch auch darüber. Mit Hilfe des Benchmarkings können Unternehmen vorhandene Schwachstellen identifizieren, so dass die Hemmschwelle, das Thema Energieeffizienz in Druckluftsystemen anzugehen, deutlich herabgesetzt wird.

Um für die Schweizer Nutzer eine entsprechende Plattform aufzubauen, wurden die Internetdomains www.druckluft.ch, www.druckluft-schweiz.ch und www.druckluft-schweiz.com beantragt und ein Webserver mit der erforderlichen Funktionalität eingerichtet. Beide Domainnamen weisen dabei auf den gleichen Server, so dass die Webseite für „Druckluft Schweiz“ über beide Namen erreicht werden kann.

Der Server ist seit Ende 2004 online geschaltet, und die Seiten wurden sukzessive ausgebaut. Dabei verlinkt der Server derzeit noch in vielen Bereichen auf die Informationen der deutschen Kampagne „Druckluft effizient“. Im Rahmen der geplanten Druckluftkampagne in der Schweiz wird das Schweizer Angebot weiter ausgebaut und die Seiten auf dem deutschen Server schrittweise ersetzt.

2 Technik

Der Webserver wird von der Fraunhofer Gesellschaft betrieben. Die Erstellung der Webseiten für das Benchmarking erfolgte in PHP. Webseiten können dabei dynamisch gestaltet werden. Die dynamischen Seiten entstehen durch das selektive Laden von Inhalten aus einer Datenbank. Die im Rahmen des Benchmarking durch die Unternehmen bereitgestellten Daten werden in einer geschützten mysql-Datenbank abgespeichert. Die Datenübermittlung zwischen den Unternehmen und der Benchmarking-Datenbank erfolgt mit einer SSL-verschlüsselten Verbindung, um ein missbräuchliches Mithören der Daten durch unberechtigte Dritte zu verhindern. Jedes Unternehmen erhält einen Benutzernamen und ein Passwort. Mithilfe dieser Zugangsdaten können die Teilnehmer am Benchmarking die eigenen Daten jederzeit online ergänzen oder korrigieren.

2.1 Funktionsprinzip

Ziel des Benchmarking ist es, dass Betriebe die energetische Situation ihrer Druckluftanlage mit Anlagen anderer Betriebe vergleichen können und gleichzeitig auch eine Rückmeldung über die Erfolge umgesetzter Maßnahmen erhalten. Dabei werden Fragen beantwortet wie z. B.

- Ist der Energieverbrauch meiner Druckluftanlage zu hoch?
- Sind die Wartungskosten meiner Druckluftanlage zu hoch?
- Wo liegt mein Betrieb im Vergleich mit Betrieben aus der gleichen Branche?

Zur Analyse der betrieblichen Situation dienen dabei Kennzahlen. Kennzahlen werden im betrieblichen Controlling als leistungsfähiges Instrument schon seit langem verwendet, da sie umfangreiche Daten auf eine überschaubare Anzahl aussagekräftiger Schlüsselinformationen verdichten. Kennzahlen unterstützen somit die Geschäftsführung bei der Entscheidungsfindung. So können die Betriebe erkennen, wie sie im Vergleich mit Betrieben mit ähnlicher Produktionsstruktur stehen. Benchmarking zielt dabei auf den Vergleich mit den Besten der Branche, um dadurch selber Bester zu werden und zu bleiben. Hierzu ist ein fortlaufendes Controlling erforderlich.

Für das Benchmarking werden Vergleichskennzahlen benötigt. Diese Vergleichskennzahlen können z. B. aus allen verfügbaren anlagenspezifischen Unternehmensdaten gebildet werden. Dabei werden die 5 % besten und schlechtesten Werte gestrichen, um Ausreißer zu entfernen. Aus allen anderen wird der Mittelwert der Branche gebildet. Alle Werte, die besser als der Mittelwert sind, werden nochmals gemittelt und so der Mittelwert der Besten berechnet. Für den Vergleich würden in diesem Fall vier Werte zur Verfügung stehen: der Beste, der Schlechteste, der Mittelwert und der Mittelwert der Besten. Für das Benchmarking von Druckluftanlagen sind dabei grundsätzlich nur wenige Informationen erforderlich. Um eine aussagekräftige Stichprobe zu erhalten, ist es jedoch notwendig, dass möglichst viele Unternehmen sich am Benchmarking beteiligen.

2.2 Ablauf des Benchmarking

Abbildung 1 zeigt den Datenbedarf für das Benchmarking. Neben allgemeinen Angaben zum Unternehmen wie z. B. zur Anzahl der Beschäftigten oder zum Umsatz werden auch weitere allgemeine Daten wie z. B. der Gesamtstromverbrauch oder die Energiepreise benötigt. Je vollständiger die Dateneingabe durch die Unternehmen erfolgt, umso umfangreicher wird die Anzahl der für die Analyse verfügbaren Indikatoren.

Da die Datenverfügbarkeit von Unternehmen zu Unternehmen variiert, werden durch das System einige Werte auf unterschiedlichen Wegen auf Basis verschiedener Eingabedaten berechnet.

Druckluftanwender die am Druckluftbenchmarking teilnehmen wollen, füllen unter

<https://www.druckluft.ch/benchmarking/anmeldung.php>

das entsprechende Anmeldeformular aus und erhalten automatisiert die personalisierten Zu-

gangsdaten. Mit diesen Zugangsdaten kann sich der Druckluftanwender beim Druckluft-Benchmarking einloggen und anschließend seine Daten zum Unternehmen und zu den Komponenten seiner Druckluftversorgung eingeben.

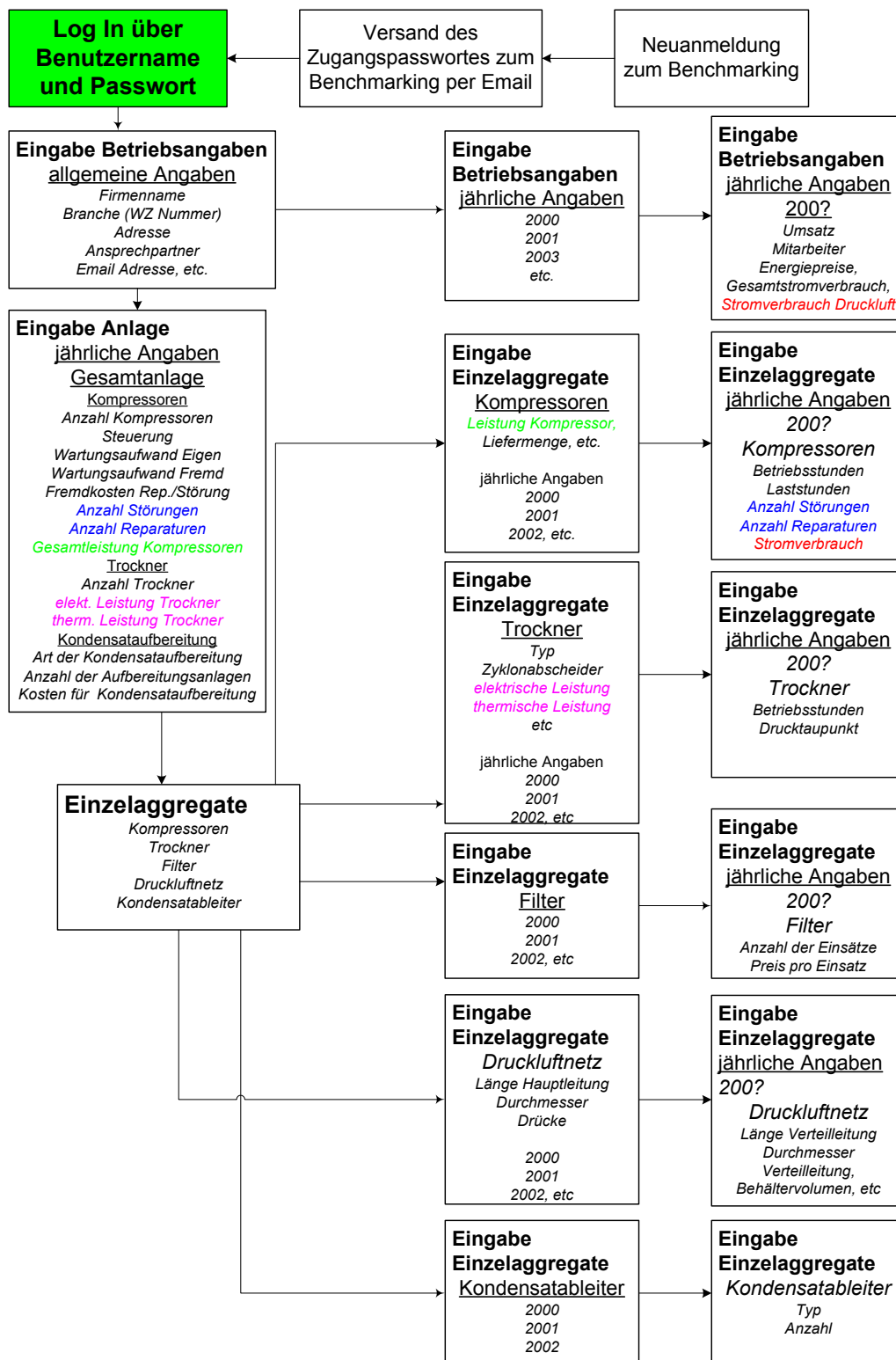


Abbildung 1: Ablauf und Datenbedarf für das Druckluft-Benchmarking

Die Druckluftversorgung untergliedert sich dabei in die Bereiche Kompressoren, Trockner, Filter, Druckluftnetz und Kondensatableiter. In allen Bereichen wird unterschieden zwischen den technischen Daten und den sich jährlich ändernden Betriebsdaten. Die technischen Daten müssen nur einmalig eingegeben werden und stehen dann dauerhaft zu Verfügung. Das Benchmarking reicht bis zum Jahr 2000 zurück, d. h. es können die Jahresdaten erstmalig für das Jahr 2000 bereitgestellt werden.

2.3 Berechnete Kennzahlen

Im Rahmen des Benchmarking werden auf Basis der Eingaben der Benchmarking-Teilnehmer für jedes Unternehmen 23 Kennzahlen berechnet, vgl. **Tabelle 1**. Sind durch den Teilnehmer nicht alle erforderlichen Daten spezifiziert worden, so werden nur die Kennzahlen berechnet, für die die erforderlichen Daten verfügbar sind. Demnach ist auch eine Teilnahme möglich, wenn die Datelage nicht vollständig ist.

Tabelle 1: Berechnete Kennzahlen zur Analyse der Druckluftversorgung

1. Druckluftkosten je CHF Umsatz	12. Durchschnittliches Alter der Kompressoren
2. Druckluftkosten je Mitarbeiter	13. Installierte Kompressorleistung pro Mitarbeiter
3. Druckluftkosten je Kubikmeter Volumen	14. Größe des Speichervolumens im Verhältnis zur installierten Kompressorleistung
4. Stromverbrauch Druckluftherzeugung pro Umsatz	15. Verhältnis Strom zu Brennstoffarbeitspreis
5. Stromverbrauch Druckluftherzeugung pro Mitarbeiter	16. Entsorgungskosten pro Kondensatmenge
6. Stromarbeitskostenanteil am Umsatz	17. Prozentualer Druckverlust in der Verteilung
7. Anteil des Stromverbrauchs für Druckluft zum Gesamtstromverbrauch	18. Maximale Strömungsgeschwindigkeit in der Hauptleitung
8. Spezifische Leistung der Druckluftstation	19. Eingesetzte Rohrmaterialien
9. Auslastung der Kompressorenstation	20. Eingesetzte Rohrverbindungstechniken
10. Spezifischer Energiebedarf pro m ³ Druckluft	21. Länge der Verteilleitung pro KW installiert
11. Summe Störungen und Reparaturen pro Betriebsstunde der Kompressorenstation	22. Verteilung Trocknertypen nach Branchen
	23. Verteilung Ableitertypen nach Branchen

Unterschieden wird bei der Ergebnisdarstellung zwischen dem internen und dem externen Benchmarking.

Beim **internen Benchmarking** wird die Entwicklung der Kennzahlen des teilnehmenden Unternehmens über den Zeitraum von mehreren Jahren gegenübergestellt, so dass man die Entwicklung des eigenen Betriebes verfolgen kann. Dabei werden die Daten für die meisten Kennzahlen sowohl grafisch als auch tabellarisch aufbereitet.

Beim **externen Benchmarking** werden demgegenüber für ein Jahr und eine Gruppe von Vergleichsländern die eigenen Kennzahlen in Relation zu den Kennzahlen der übrigen am Benchmar-

king teilnehmenden Unternehmen dargestellt. Um sicherzustellen, dass möglichst vergleichbare Unternehmen gegenübergestellt werden, erfolgt der Vergleich nur mit Unternehmen des selben Industriezweiges. Dies wird über die Zuordnung der Klassifikation der Industriezweige (NACE Code) sichergestellt. Diese Klassifikation ist sehr detailliert. Der NACE Code hat die Form einer vierstelligen Zahl, z. B. 24.16, wobei die beiden ersten Zahlen (hier 24) dem NACE 2-Steller entsprechen, und die Hinzunahme der beiden letzten Zahlen (hier 16) den NACE 4-Steller ergibt. Der 2-Steller bezeichnet dabei die Branche (z. B. 24 für die Chemische Industrie) und der 4-Steller die Untergruppe (z. B. 24.16 für „Herstellung von Kunststoff in Primärformen“). Sofern möglich erfolgt der Vergleich der Kennzahlen mit Unternehmen des gleichen NACE 4-Stellers. Ein Vergleich ist natürlich nur sinnvoll, wenn mehr als fünf Vergleichsdatensätze vorliegen. Sofern die Fallzahl diesen Grenzwert unterschreitet, erfolgt der automatische Übergang auf die Unternehmen des gleichen NACE 2-Stellers oder im ungünstigsten Fall auf alle registrierten Unternehmen.

Die Vergleichswerte des externen Benchmarking werden dem Teilnehmer jedoch nur dann angezeigt, wenn auch die jeweilige Kennzahl für das eigene Unternehmen berechnet werden konnte. Ansonsten erfolgt nur ein Hinweis, dass keine Ausgabe erfolgen kann.

3 Anpassung an Schweizer Rahmenbedingungen

Wie bereits erläutert, sollte im Rahmen dieses Projektes eine Anpassung des in Deutschland entwickelten Benchmarking an die Rahmenbedingungen in der Schweiz erfolgen. Hier war im Rahmen des Projektes insbesondere die Bereitstellung des Benchmarkings in verschiedenen Sprachen und die Auswahl eines Vergleichslandes vorgesehen. Obwohl im Projektantrag nicht angeboten, wurde eine Anpassung im Bereich der verwendeten Währung (Schweizer Franken anstelle von Euro) durchgeführt, um den Unternehmen in der Schweiz die manuelle Umrechnung der Eingabedaten von Schweizer Franken auf Euro zu ersparen. Gleichzeitig besteht damit auch die Möglichkeit, den Unternehmen die Ergebnisse in Schweizer Franken anzuzeigen. Die Integration zusätzlicher Währungen neben dem Euro ermöglicht somit prinzipiell das Arbeiten in jeder gewünschten Währung, sofern entsprechende Wechselkurse im System bereitgestellt werden.

Die Auswahl der Sprache und der Währung kann jederzeit durch den Benutzer in seinem Konfigurationsbereich festgelegt werden, siehe **Abbildung 2**. Zurzeit stehen die Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch zur Verfügung. Als Währungen können derzeit Euro, Schweizer Franken und US Dollar und Britische Pfund genutzt werden. Auf dieser Seite werden dem Teilnehmer am Benchmarking zudem die verwendeten Wechselkurse angezeigt.

Effiziente Druckluft Schweiz

energieschweiz
effiziente Druckluft – eine Kampagne von Energieschweiz
www.druckluft.ch

Startseite Fakten Druckluft Toolbox **Benchmarking** Contracting Newsletter Sonstiges Links DE | FR

Betriebsangaben
Allgemeine Angaben
Jährliche Angaben
Anlage
Jährliche Angaben
Gesamtanlage
Einzelaggregate
Kompressoren
Trockner
Filter
Druckluftnetz
Kondensatableiter
Auswertung
Lingabeübersicht
Benchmarking intern
Benchmarking extern
Sonstiges
Zugangsdaten ändern
Einstellungen
Logout

Benchmarking

Einstellungen

Währungsangaben:
Die Währung wurde umgestellt auf CHF

*Meine Währungsangaben beziehen sich auf: CHF OK

Referenzkurse beziehen sich auf 1 Euro

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
CAD	1.3706	1.3864	1.4838	1.5817	1.6167	1.5087	
CHF	1.5579	1.5105	1.467	1.5212	1.5363	1.5483	
GDP	0.60940	0.62107	0.62003	0.69199	0.67066	0.6030	
NOK	8.1129	8.0484	7.5086	8.0033	8.3697	8.0092	
SIT	206.6127	217.9797	225.9772	233.8493	239.0874	239.5681	
USD	0.9236	0.8956	0.9456	1.1312	1.2439	1.2441	

Sprachauswahl

*Benchmarking bedienen in: Deutsch Deutsch Englisch Französisch OK

Copyright © 2005-2006 Fraunhofer ISI | Impressum
URL: http://www.druckluft.ch/_ndtest/benchmarking/seite.php

Abbildung 2: Auswahl von Sprache und Arbeitswährung im Benchmarking (Entwurf)

3.1 Sprachanpassungen

Das für die deutsche Kampagne „Druckluft effizient“ entwickelte Benchmarking von Druckluftanlagen zielte allein auf den deutschen Markt. Die Textbausteine waren fest in den entsprechenden Internetseiten und den Grafiken integriert, so dass eine einfache Integration von anderen Sprachen nicht möglich war. Im Rahmen der Arbeiten wurde das Benchmarking deshalb auf eine datenbankgestützte Webseitengenerierung umgestellt. Durch diese Modifikation wird für alle Seiten des Benchmarking jeweils die gleiche Webseite aufgerufen, unabhängig von der gewählten Sprache. Über die Sprachwahl werden aus der Datenbank jeweils die Textbausteine in der gewünschten Sprache in die Seiten eingeladen, so dass der Benutzer in verschiedensten Sprachen arbeiten kann, sofern die Textbausteine in dieser Sprache zur Verfügung stehen. Die Bereitstellung der Übersetzungen war nicht Bestandteil dieses Projektes, es sollten nur die technischen Möglichkeiten geschaffen werden, um das Benchmarking in verschiedenen Sprachen anbieten zu können. Die Übersetzungen der Textbausteine sollte im Rahmen der Kampagne „Druckluft Schweiz“ erfolgen. Im Rahmen dieser inzwischen gestarteten Kampagne wurde die Übersetzung ins Französische durchgeführt. Durch diese Arbeiten steht das Benchmarking somit in Deutsch und Französisch zur Verfügung. Aus Eigenmitteln des Fraunhofer ISI erfolgte zudem die Übersetzung der Textbausteine ins Englische, so dass das Benchmarking inzwischen in den drei Hauptsprachen genutzt werden kann.

3.2 Anpassungen der Rechnungswährung

Geplant war im Rahmen der Anpassungen des Benchmarking an die Schweizer Bedingungen lediglich eine einfache Umstellung der Währungskennzeichnung von Euro auf Schweizer Franken und die Ablage in einer eigenständigen Datenbank beziehungsweise die Anforderung an die Unternehmen, die auf Schweizer Franken lautenden Beträge manuell umzurechnen. Dies hätte im ersten Fall gleichzeitig bedeutet, dass die Daten von Schweizer Unternehmen aufgrund der unterschiedlichen Währung nicht mit den Daten von deutschen Unternehmen hätten verglichen werden können. Aus diesem Grund erfolgte eine grundlegende Änderung des Konzeptes. Alle Daten werden nun nicht in der lokalen Währung in der Datenbank gespeichert, sondern mit dem gültigen Währungskurs für die einzelnen Jahre auf Euro umgerechnet. Die in Euro umgerechneten Werte werden dann in der Datenbank abgelegt und können jederzeit mit dem Währungskurs wieder in die Ursprungswährung umgerechnet werden. Somit können Datensätze aus unterschiedlichsten Ländern in einer Datenbank gespeichert werden und liegen dort in vergleichbaren Einheiten vor. Der Benutzer kann durch Festlegung seiner Präferenzwährung angeben, in welcher Währung er die Daten eingeben bzw. anzeigen lassen will. Es erfolgt eine automatische Umrechnung mit Hilfe der Wechselkurse. Als Wechselkurse werden dabei die von der Europäischen Zentralbank ermittelten jährlichen Durchschnittswechselkurse eingesetzt (EZB, o. J.). Diese Kurse sind u. a. im Internet unter http://www.bundesbank.de/stat/zeitreihen/listen/www_s332_b01012_1.htm einsehbar. Im Rahmen des Benchmarking werden die verwendeten Wechselkurse dem Benutzer ebenfalls angezeigt. Dabei wird für die Umrechnung der einzelnen Jahresdaten jeweils der zugehörige durchschnittliche Wechselkurs dieses Jahres verwendet.

Durch die Wahl der Währung unter dem Menüpunkt Einstellungen im Benchmarking können somit auch andere Währungen als Schweizer Franken oder Euro abgebildet werden. Bei der Dateneingabe wird zudem überprüft, ob der Wechselkurs für das entsprechende Jahr bereits verfügbar ist. Eingaben in einer anderen Währung als Euro sind somit nur möglich, wenn ein Währungskurs hinterlegt ist. Es kann somit verhindert werden, dass durch fehlende Wechselkurse falsche Werte in der Datenbank eingetragen werden. Bei der Administration des Benchmarking muss zudem darauf geachtet werden, dass keine fehlerhaften Wechselkurse eingetragen werden, da eine nachträgliche Änderungen der Wechselkurse sich auf die Werte der Teilnehmer am Benchmarking auswirken würde, sofern diese nicht Euro als Basiswährung gewählt haben.

3.3 Möglichkeit zur Auswahl von Vergleichsgruppen

Zum Start des Schweizer Benchmarking wären keinerlei Vergleichsdaten in der Datenbank hinterlegt gewesen, die Nutzbarkeit des Systems wäre dadurch in den ersten Monaten begrenzt gewesen, da keine Aussagekräftigen Vergleichszahlen zur Verfügung gestanden hätten. Durch die Integration der Vergleichszahlen aus dem in Deutschland laufenden Benchmarking standen bereits zum Start des Benchmarking mehr als 250 Datensätze deutscher Unternehmen zum Vergleich zur Verfügung. In den meisten Fällen kann man dabei davon ausgehen, dass die Strukturen in den Unternehmen in der Schweiz und in Deutschland vergleichbar sind. Es ist deshalb möglich, deutsche und schweizerische Unternehmen in Bezug auf Ihre Druckluftversorgung zu vergleichen. Gleichzeitig sollte aber die Möglichkeit bestehen, auch einen Vergleich der Daten in einzelnen Ländern zu ermöglichen. Der Anwender hat deshalb nun die Möglichkeit, neben dem Vergleichsjahr auch die Länder zu spezifizieren, die er im Rahmen des Benchmarking in der Vergleichsgruppe berücksichtigen möchte, siehe **Abbildung 3**. Dies können z. B. die schweizerischen oder deutschen Unternehmen sein, aber auch beide Länder gleichzeitig oder die Datensätze aller Länder. Da nur ein geringer Zusatzaufwand erforderlich war, wurde die Auswahl weiterer Länder im Rahmen des Benchmarking implementiert, da durch die Mehrsprachigkeit das Benchmarking auch von Unternehmen aus anderen Ländern genutzt werden kann.

Effiziente Druckluft Schweiz

energieschweiz
effiziente Druckluft - eine Kampagne von Energieschweiz
www.druckluft.ch

Startseite Fakten Druckluft Toolbox **Benchmarking** Contracting Newsletter Sonstiges Links DE | FR

Benchmarking

Benchmarking extern

Um im Rahmen des externen Benchmarkings aussagekräftige Vergleichswerte zu erhalten, muss eine ausreichende Anzahl von Vergleichsdatensätzen in der Datenbank zur Verfügung stehen. Es ist deshalb möglich, dass für manche Jahre detailliertere Daten als für andere zur Verfügung stehen.

Die Beurteilung wird um so zuverlässiger, je höher die Anzahl der Vergleichsdaten ist. Ergebnisse sollten möglichst auf Basis des WZ2-Stellers oder mindestens des WZ4-Stellers zur Verfügung stehen.

Kennzahlen werden im externen Benchmarking jedoch nur angezeigt, wenn eigene Daten für diese Kennzahl vorliegen, ansonsten wird nur einer kurzer Hinweis bezüglich der fehlenden Daten ausgegeben.

Bitte wählen Sie hier das Jahr aus, für das Sie das Benchmarking durchführen wollen.

Jahr: Länder:

(Zur Auswahl mehrerer Länder, halten Sie bitte die Strg-Taste gedrückt und wählen die gewünschten Länder aus.) OK

Erscheinen Ihnen die Ergebnisse des Benchmarkings nicht plausibel, so senden Sie uns dazu bitte eine Email (p.radgen@isi.fraunhofer.de; Tel. 0721/6809-295) mit der Angabe Ihrer Datensatznummer. Wir prüfen dann die Ergebnisse und setzen uns wieder mit Ihnen in Verbindung. Aufgrund der Komplexität der Kennzahlenberechnung ist trotz intensiver Tests nicht vollständig auszuschließen, dass Fehler auftreten können.

Copyright © 2005-2006 Fraunhofer ISI | Impressum
URL: http://www.druckluft.ch/_ndtest/benchmarking/seite.php

Abbildung 3: Auswahl von Vergleichsjahr und Vergleichsländern für das externe Benchmarking (Entwurf)

4 Darstellung der Ergebnisse

Im Rahmen des Benchmarking erfolgt die Ausgabe eines detaillierten Berichtes mit Hinweisen und der Darstellung der Kennzahlen in tabellarischer und grafischer Form. Im Rahmen dieses Schlußberichtes kann keine vollständige Darstellung der durch das Benchmarkingsystem generierten Kennzahlenberichte erfolgen, daher sind hier exemplarischen Ausschnitte aus den Ergebnissen dargestellt. **Abbildung 4** zeigt die Ergebnisse des internen Benchmarking für die beiden Kennzahlen „Druckluftkosten je Euro Umsatz“ und „Druckluftkosten je Mitarbeiter“ jeweils für den Zeitraum von 2000 bis 2004. Deutlich zu erkennen sind die aus dem Rahmen fallenden Werte für das Jahr 2001. Man erkennt somit direkt Auffälligkeiten und kann nach den Gründen für diese Abweichungen suchen.

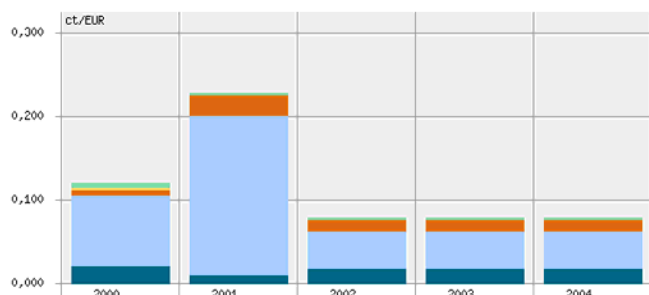
In **Abbildung 5** ist ein Ausschnitt aus dem externen Benchmarking dargestellt. Die Abbildung zeigt die Kennzahl „Druckluftkosten je Mitarbeiter“ für das Jahr 2002 sowohl in Form eines Diagramms als auch tabellarisch. Neben einer Einführung finden sich zudem am Ende des Abschnitts Hinweise zu möglichen Optimierungsmaßnahmen. Der unter dem Punkt Einstufung angegebene Text variiert dabei in Abhängigkeit von der Kennzahl des Unternehmens im Vergleich zu dem Mittelwert und dem Mittelwert der Besten der Kennzahl. Der Mittelwert ergibt sich dabei aus der Mittelwertbildung aller Kennzahlen, der Mittelwert der Besten aus der Mittelwertbildung über alle Kennzahlen, die besser als der Mittelwert sind.

Im vorliegenden Fall zeigt die Grafik den Kennzahlenvergleich auf Basis des NACE 2-Stellers (29); in der Tabelle sind aber auch die Werte für den 4-Steller und alle Kennzahlen angegeben. Auf Ebene des 2-Stellers stehen 25 Vergleichsdatensätze, auf Ebene des 4-Stellers fünf Vergleichsdatensätze zur Verfügung.

Die Ergebnisberichte des Benchmarking können durch den Nutzer sofort in übersichtlicher Form ausgedruckt werden. Zu berücksichtigen ist bei der Analyse, dass sich mit jedem neu am Benchmarking teilnehmenden Unternehmen die durchschnittlichen Kennzahlen verändern. Damit variiert auch die Positionierung des eigenen Unternehmens im Verhältnis zu den übrigen am Benchmarking teilnehmenden Unternehmen.

1. Druckluftkosten je EUR Umsatz [ct/EUR]

Hightech Branchen haben typischerweise niedrigere Druckluftkosten je EUR Umsatz als Branchen mit Standard Produkten. Bei der Entwicklung der Kennzahl ist zu berücksichtigen, dass eine schlechtere Auslastung der Fertigungskapazitäten nicht nur zu geringeren Umsätzen sondern auch zu höherem spezifischen Energieverbrauch und somit zu höheren Druckluftkosten führt. Die Kennzahl kann durch Einleitung von Effizienzmaßnahmen meist deutlich verbessert werden. Durch die gewählte Einheit ct/EUR entspricht dies Kennzahl gleichzeitig dem prozentualen Anteil der Kosten für die Druckluftherzeugung am Umsatz. Werte der Kennzahl sollten deshalb typischerweise unter 5 % oder 5 ct/EUR liegen..



2. Druckluftkosten je Mitarbeiter [EUR/MA]

Die Druckluftkosten je Mitarbeiter sind meist ein guter Grad für die Automatisierung der Produktion. Unternehmen, die große Mengen mit einer relativ kleinen Belegschaft produzieren (z.B. Zement und Glasherstellung), weisen meist eine hohe Kennzahl Druckluftkosten je Mitarbeiter aus. Werte liegen typischerweise zwischen 10 und 10000 EUR je Mitarbeiter.

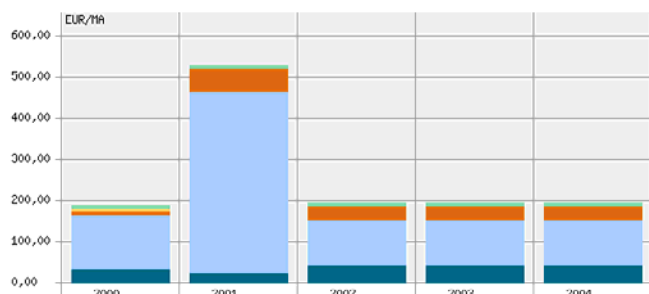
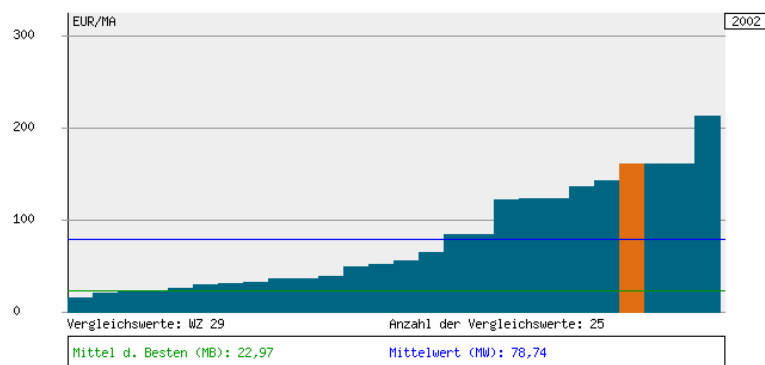


Abbildung 4: Ausschnitt aus den Ergebnissen des internen Benchmarking

2. Druckluftkosten je Mitarbeiter [EUR/MA]

Die Mitarbeiter bezogenen Druckluftkosten reagieren typischerweise weniger sensibel auf die Zugehörigkeit der Unternehmen zu den einzelnen Untergruppen (WZ 4 Steller). Sie sind jedoch abhängig von der Betriebsgröße, da der überwiegende Kostenanteil Stromkosten sind und der Strompreis für größere Unternehmen typischerweise niedriger ist. Beachten Sie deshalb bitte auch die Kennzahl Stromverbrauch Druckluftherzeugung pro Mitarbeiter weiter unten.



Bezug		Selbst	Mittelwert der Besten	Mittelwert Aller	Min.-Wert	Max.-Wert	Anzahl der Vergleichsdatensätze
Alle Unternehmen	[EUR/MA]	160,50	32,92	242,07	13,18	1.727,97	188
WZ-Nr. 2-Steller (29)	[EUR/MA]	160,50	22,97	78,74	15,16	213,14	25
WZ-Nr. 4-Steller (29.23)	[EUR/MA]	160,50	29,96	98,19	23,46	160,50	5

Einstufung = 3: Sie sollten schnell etwas zur Verbesserung Ihrer Druckluftversorgung tun. Einfache Maßnahmen zur Kostenreduzierung ohne Notwendigkeit zur Investition ist die Leckagereduzierung, die Absenkung des Betriebsdruckes und die Wochenend-/Nachtabschaltung Ihrer Druckluftanlage.

Sonstige Hinweise: Mitarbeiter sind ein wichtiger Produktionsfaktor. Geben Sie Ihren Mitarbeitern die Chance sich Zeit für die Druckluft zu nehmen. Vielleicht bringt auch die Teilnahme an einem Druckluftseminar neue Anregungen zur Verbesserungen. Schauen Sie doch mal auf den Internetseiten nach den entsprechenden Angeboten.

Abbildung 5: Ausschnitt aus den Ergebnissen des externen Benchmarking

5 Publikationen und Verbreitung

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde auch das Benchmarking in der Schweiz bekannt gemacht. Informationen zu den im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Arbeiten und zum Druckluft-Benchmarking wurden in einer Vielzahl von Veranstaltungen und Veröffentlichungen verbreitet. So wurden die Arbeiten unter anderem im Rahmen des Motor Challenge Workshops „Effiziente Elektroantriebe, Kosten sparen – Prozesse verbessern“, der am 20. Januar 2005 in der Swissmem Geschäftsstelle in Zürich stattfand, vorgestellt. Eine weitere Vorstellung der Arbeiten fand in Deutschland im Rahmen des VDI-GET Expertenforums Betriebliches Energiemanagement am 3./4. März 2005 in Cottbus statt.

Auch international wurden die Arbeiten vorgestellt. Im Rahmen der Tagung „Energy Efficiency in Industry“, die von ACEEE organisiert wurde und vom 19.-22. Juli 2005 in West Point, New York, USA stattfand, wurden die Arbeiten im Rahmen eines Vortrages mit dem Thema „Comparing for Efficiency – Internet based Benchmarking for Compressed Air Systems“ vorgestellt (Beitrag im Anhang). Bekannt gemacht wurden die Arbeiten auch im Rahmen der 4. Internationalen Konferenz zur Energieeffizienz in Elektromotorensystemen (EEMODS), die vom 5.-8. September 2005 in Heidelberg stattfand.

Neben verschiedenen weiteren Vorträgen wurde das Druckluft-Benchmarking auch im Rahmen eines Artikels in der Zeitschrift Industrieanzeiger vorgestellt (Beitrag im Anhang).

Die weitere Verbreitung des Benchmarking wird in den nächsten Jahren durch die Kampagne „Druckluft Schweiz“ forciert werden.

6 Quellenverzeichnis

Radgen, P.; Blaustein, E.; 2001: *Compressed air systems in the european union*. LOG_X Publishing, Stuttgart, 2001. (Internet: <http://www.isi.fhg.de/e/publikation/c-air/compressed-air.htm>)

EZB, o.J.: *Jahresdurchschnitte Wechselkurse / Euro-Referenzkurse der Europäischen Zentralbank*. http://www.bundesbank.de/stat/zeitreihen/listen/www_s332_b01012_1.htm

EEMODS, 2005: www.eemods.de

7 Anhang

7.1 Artikel Industrieanzeiger

Der auf den folgenden Seiten aufgeführte Artikel erschien in der Zeitschrift Industrieanzeiger, Ausgabe Nr. 43, Seite 38-39, 2005. Wir danken dem Konradinverlag für die Abdruckgenehmigung.

DRUCKLUFT/PUMPEN/ROHRE

Drucklufttechnik

Internet-Benchmarking liefert Vergleich der Druckluftkosten mit dem Wettbewerb

Zahlen wir mehr als die anderen?

Der Vergleich mit den Druckluftkosten anderer ist mehr als ein sportlicher Wettkampf: Er gibt Hinweise, ob und wie sich überhöhte Betriebskosten reduzieren lassen. Das Internet stellt dazu ein kostenloses Benchmarking zur Verfügung.

Nach einer Studie des Fraunhofer ISI verbrauchen die deutschen Druckluftanlagen rund 5 Mrd. kWh/a zu viel Strom – fast ein Drittel ihres heutigen Energiebedarfs. Die Werte schwanken allerdings von Unternehmen zu Unternehmen erheblich. Daher gilt es, die Anlagen mit Hilfe von Kennzahlen möglichst ohne Aufwand zu beurteilen. Seit Oktober 2003 steht den Unternehmen dazu kostenlos ein internetgestütztes Druckluft-Benchmarking zur Verfügung, das von der Aktion „Druckluft effizient“ gestartet wurde (www.druckluft-effizient.de/benchmarking/). Im Rahmen der Kampagne „Druckluft Schweiz“ wird es jetzt weiterentwickelt und gepflegt. Dieses Tool beantwortet auch die Frage nach den spezifischen Kosten der Druckluft, die kaum ein Anlagenbetreiber kennt – obwohl Druckluft der teuerste Energieträger ist, noch vor dem elektrischen Strom und den Brennstoffen.

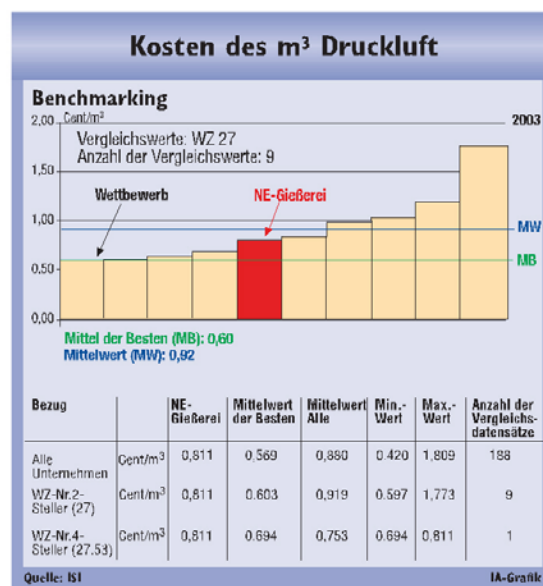
Zur Analyse der betrieblichen Situation der Druckluftversorgung dienen dabei Kennzahlen. Sie verdichten umfangreiche Daten auf eine überschaubare Anzahl aussagekräftiger Schlüsselinformationen und unterstützen somit die Geschäftsführung bei der Entscheidungsfindung. Welche Informationen ein solches Benchmarking bietet, zeigt das Beispiel einer Leichtmetallgießerei, bei der die wichtige Kennzahl der spezifischen Druckluftkosten ermittelt wurde: Sie ergab einen Wert von 0,811 Cent/m³, der unter dem durchschnittlichen Druckluftpreis aller Metall erzeugenden und bearbeitenden Betriebe lag. Er war aber höher als der Durchschnittspreis der Besten in Höhe von 0,603 Cent/m³. Bei den absoluten Kosten macht das immerhin einen Unterschied von rund 2850 Euro/a aus, was für die

relativ kleine Anlage eine zumindest bedenkenwerte Diskrepanz bedeutet. Die Unternehmensleitung der Gießerei erhielt durch das Benchmarking also einen Hinweis, inwiefern es sich lohnen könnte, die Anlage genauer unter die Lupe zu nehmen. Auf dieses Beispiel wird unten und in den Diagrammen noch ausführlich eingegangen. Bei größeren Anlagen könnten weit höhere Summen im Spiel sein, insbesondere dann, wenn ihre Kennzahlen weniger günstig ausfallen.

Für den Vergleich mit anderen Unternehmen dienen bei dem Benchmarking anonymisierte Kennzahlen. Dabei werden sowohl technikspezifische als auch betriebswirtschaftliche Kennzahlen gebildet. Die Eingabe der Daten dauert in der Regel

So funktioniert die Teilnahme: Beim Registrieren muss das Unternehmen und der Ansprechpartner angegeben werden. Der Benutzer wählt die Branche aus einem vorgegebenen Menü aus (WZ-Nummer nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige durch das Statistische Bundesamt). Im Falle der Leichtmetallgießerei lautet die WZ-Nummer 27.53.

Nach Eingabe der Basisdaten erhält der User sofort per E-Mail die Zugangsdaten zum Online-Benchmarking, die ihm das Login zum Benchmarking ermöglichen. Nach dem Herstellen der SSL-verschlüsselten Verbindung sind weitere Daten zum Unternehmen (wie Mitarbeiteranzahl, Umsatz, Energiepreise) und zur Druckluftanlage einzugeben. Letztere gliedern sich



Spezifische Druckluftkosten im Vergleich: Das Benchmarking zeigt, dass die betrachtete NE-Gießerei (rot) niedrigere Druckluft-Kosten aufweist als der Durchschnitt aller 188 betrachteten Unternehmen und auch als der Durchschnitt der neun Firmen des eigenen Sektors. Dennoch gibt es ein Optimierungspotenzial

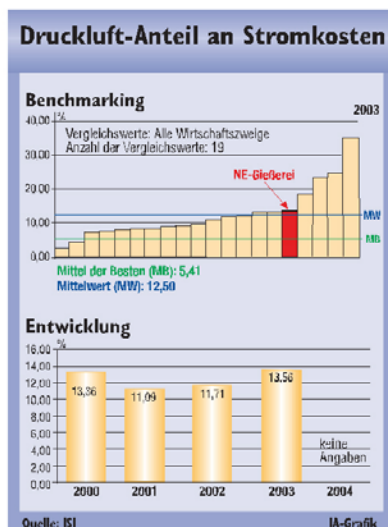
nicht länger als eine Stunde, für das jährliche Aktualisieren reichen 15 min. Je detaillierter die bereit gestellten Daten sind, umso aussagekräftiger werden die Ergebnisse. Zurzeit sind Datensätze von insgesamt 350 Unternehmen gespeichert. Für fast jede wichtige Kennzahl lassen sich daraus mindestens 150 Datensätze entnehmen, die einen aussagekräftigen Vergleich ermöglichen. Mit jedem weiteren Teilnehmer verbreitert sich die Datenbasis für das Benchmarking.

in die Teilbereiche Kompressoren, Trockner, Filter und Verteilung. Unterschieden wird dabei zwischen sich jährlich verändernden Daten und den technischen Daten. In den Eingabemaschinen sind Prüfwerte hinterlegt, die fehlerhafte oder unsinnige Eingaben möglichst ausschließen sollen.

Das Beispiel der erwähnten Leichtmetallgießerei illustriert das Vorgehen. Das Unternehmen beschäftigt rund 100 Mitarbeiter, wobei die Beschäftigtenzahl in den letzten vier Jahren rückläufig war. Der

DRUCKLUFT/PUMPEN/ROHRE

Drucklufttechnik



Bei der NE-Gießerei (rot) liegt der Anteil der Druckluftversorgung an den Stromkosten ähnlich hoch wie bei anderen Firmen. Allerdings ist er in den letzten Jahren angestiegen

Umsatz beträgt etwa 7 Mio. Euro/a. Die Druckluft produzieren drei Kompressoren mit einer gesamten Nennleistung von 77 kW. Aufbereitet wird die Druckluft mit einem Kältetrockner und einer Grob-/Feinfilterkombination. Die Drucklufthauptleitung ist etwa 150 m lang und mit einem Durchmesser von 2" ausgeführt, die Verteilung ist etwa 300 m lang und als Ringleitung mit einem Durchmesser von 1" ausgeführt. Das Kondensat gelangt über Schwimmerableiter und elektronische Kondensatableiter zum Öl-Wasser-Trenner.

Über den Menüpunkt Eingabeübersicht lassen sich durch den Benutzer alle eingegebenen Daten in übersichtlicher Form anzeigen und ausdrucken. Je vollständiger die eingegebenen Daten sind, desto zuverlässiger werden die Aussagen des Benchmarking sein. Zudem erhält er Vergleichswerte nur für diejenigen Kennzahlen, die sich aufgrund der gemachten Angaben auch für sein Unternehmen berechnen lassen. Eine detaillierte Eingabe lohnt sich also. Insgesamt ermittelt das Benchmarking-Tool 28 unterschiedliche Kennzahlen zur Analyse der Druckluftversorgung. Über den Menüpunkt „Internes Benchmarking“ erhält der Nutzer eine Übersicht über die zeitliche Entwicklung der eigenen Kennzahlen. Bereits hieraus lassen sich häufig Schwachstellen oder Probleme identifizieren. Ein Beispiel ist die Kennzahl „Anteil

der Druckluftherzeugung am Stromverbrauch“, die für die Leichtmetallgießerei im Diagramm dargestellt ist. Der Wert liegt im Mittel bei 12 %, wobei es geringfügige Schwankungen gibt. Für das Jahr 2004 fehlt der Wert noch, weil der Benutzer hier noch keine Daten eingegeben hat. Die Zunahme des Wertes kann auf Probleme der Anlage hinweisen, aber auch das Ergebnis einer geringeren Auslastung der Produktionskapazitäten sein. Genauer interpretieren lässt sich dies nur, wenn weitere Kennzahlen hinzugezogen werden. Die Positionierung im Vergleich zu den Wettbewerbern liefert der Menüpunkt „Externes Benchmarking“. Verglichen wird, wenn möglich, mit Unternehmen der gleichen Branche. Lediglich wenn nicht genügend Vergleichsdaten aus der gleichen Branche zur Verfügung stehen, erfolgt der Vergleich mit anderen Unternehmen des gleichen Sektors (hier: Metall erzeugende und bearbeitende Betriebe) oder mit allen am Benchmarking teilnehmenden Unternehmen.

Die Kennzahl „Anteil der Druckluftversorgung am Gesamtstromverbrauch des Unternehmens“ wird bei der NE-Gießerei mit 19 Datensätzen des Gesamtpools verglichen. Sie liegt geringfügig besser als der Mittelwert. Doch im Vergleich zum „Mittel der Besten“ MB liegt sie deutlich ungünstiger (die Besten sind die Betriebe, die besser abschneiden als der Mittelwert).

Tool ermittelt Preis pro Kubikmeter Druckluft

Im Diagramm ganz oben ist die wichtige Kennzahl „spezifische Druckluftkosten“ dargestellt. Hier stehen insgesamt neun Vergleichswerte aus dem gleichen Sektor zur Verfügung. Das Benchmarking erfolgt daher innerhalb des Sektors, weil sich die Situation hier besser vergleichen lässt. Deutlich zu erkennen ist, dass das Unternehmen besser als der Durchschnitt abschneidet, jedoch weiteres Optimierungspotenzial vorhanden ist. Da „nur“ 2850 Euro auf dem Spiel stehen, könnte sich das Prüfen solcher Maßnahmen lohnen, die nicht zu aufwändig sind. Auf die richtige Spur könnte ein Blick auf die Materialien und Verbindungstechniken führen, die für die Rohrleitungen eingesetzt werden: Während im Bereich der Leichtmetall-

gießereien die Schraubverbindungen dominieren, verwenden die Unternehmen anderer Sektoren in weit stärkerem Maße geschweißte Rohrleitungen. An verschraubten Rohrverbindungen treten jedoch häufig Leckagestellen auf, typischerweise ist deshalb von einem höheren Leckagemengenstrom auszugehen.

Das Benchmarking liefert detaillierte Einblicke und Hinweise auf Optimierungspotenziale. Um Fragen zu den individuellen Ergebnissen des Benchmarking zu klären,



Dr. Peter Radgen, ISI (Bild: ISI)

„Demnächst können Sie Ihre Druckluftkosten weltweit mit denen Ihrer Wettbewerber vergleichen.“

besteht zudem die Möglichkeit, mit dem ISI direkt Kontakt aufzunehmen. Das Fraunhofer-ISI in Karlsruhe betreut das Druckluft-Benchmarking als neutraler Ansprechpartner und bringt zurzeit Arbeiten zur Internationalisierung zum Abschluss. Das Benchmarking wird demnächst weltweit eingesetzt und ermöglicht damit einen Vergleich mit internationalen Wettbewerbern.

Danksagung: Die im Rahmen dieses Beitrages vorgestellten Arbeiten werden durch das Bundesamt für Energie der Schweiz unter dem Förderkennzeichen No. IS1181 unterstützt. Der Aufbau des Benchmarking erfolgte im Rahmen der Kampagne Druckluft effizient in Deutschland.

Dr. Peter Radgen ist Projektleiter beim Fraunhofer ISI, Karlsruhe. Er war Koordinator der Aktion Druckluft-effizient und leitet jetzt die Kampagne Druckluft-Schweiz

www.druckluft-effizient.de
www.druckluft-effizient.de/benchmarking
www.druckluft-schweiz.ch
www.motor-challenge.de
www.eu-promot.org
www.eemods.de

7.2 Tagungsbeitrag ACEEE Konferenz "Energy Efficiency in Industry"

Comparing efficiency – Internet-based benchmarking for compressed air systems

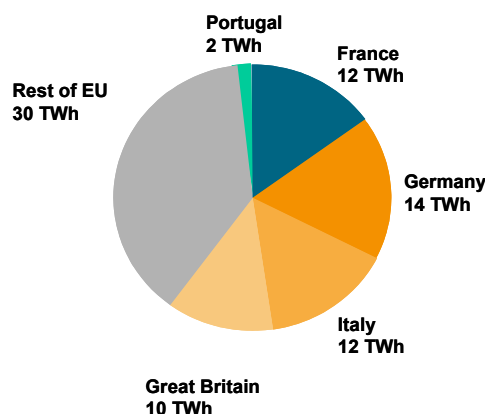
Dr. Peter Radgen, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Germany

ABSTRACT

Many studies in the EU and the US have revealed the large potential for energy saving in compressed air systems. However, this potential is often not taken seriously by industry, as managers often feel that they are able to maintain and operate their system efficiently. The high entry price for measurement-based analysis of compressed air systems, together with the lack of information on benchmarking values, represent a strong barrier to optimizing compressed air systems. The Internet-based compressed air benchmarking system developed within the German compressed air campaign „Druckluft effizient“ has recently successfully removed this barrier by allowing consumers to perform rudimentary analysis using simple measurements they can gather themselves. The paper will explain the set-up of the system and the indicators chosen for comparison. The paper presents initial benchmarking results for a participating company which show how the information from the benchmarking can be used to improve the compressed air system. At the time the paper was written, about 100 companies in Germany were already taking part in the benchmarking. In the near future the system will be extended to include other languages and currencies.

Compressed air energy use and saving potential

A study conducted for the European Union in 1999 showed that the annual total energy consumption in the EU-15 for the generation of compressed air was about 80 TWh (Radgen 1999). This is about 10 % of the total electricity consumption in industry. The total consumption by country is therefore largely dependent on the industry structure of each country, cf. **Figure 1**. Germany had the highest consumption in Europe.



Source: Radgen, P., 1999

Figure 1: Energy consumption in compressed air systems in the EU-15

Based on different sources, ranging from literature reviews and expert interviews to pilot tests, a set of optimization measures was identified in compressed air systems and evaluated to determine the typical saving potential and the applicability of each measure for compressed air systems in

industry. During the course of this study it became obvious that in order to achieve the highest cost-benefit ratio for improvement measures, the optimization of compressed air systems has to involve not only compressors but also the complete process chain of the motor driven system.

Table 1 summarizes the possible savings. As can be seen, leakage reduction is the largest single potential identified. The reduction of leaks in compressed air systems could save 16 % by itself. Other important measures are the use of sophisticated control systems, the application of adjustable speed drives, the overall system design and the use of waste heat.

Table 1: Energy saving measures in compressed air systems

Energy saving measure	applicability (1) %	gains (2) %	potential contribution (3)
System installation or renewal			
Improvement of drives (high efficiency motors, HEM)	25 %	2 %	0.5 %
Improvement of drives: (adjustable speed drives, ASD)	25 %	15 %	3.8 %
Upgrading of compressor	30 %	7 %	2.1 %
Use of sophisticated control systems	20 %	12 %	2.4 %
Recovering waste heat for use in other functions	20 %	20 %	4.0 %
Improved cooling, drying and filtering	10 %	5 %	0.5 %
Overall system design, including multi-pressure systems	50 %	9 %	4.5 %
Reducing frictional pressure losses	50 %	3 %	1.5 %
Optimizing end use devices	5 %	40 %	2.0 %
System operation and maintenance			
Reducing air leaks	80 %	20 %	16.0 %
More frequent filter replacement	40 %	2 %	0.8 %
TOTAL			32.9 %
Table legend: (1) % of CAS where this measure is applicable and cost effective			
(2) % reduction in annual energy consumption			
(3) Potential contribution = applicability * gain			

Source: Radgen, 1999

The findings of the study for the European Union formed the starting point for the German compressed air campaign „Efficient Compressed Air.“ The aim of the campaign was to convince compressed air users to optimize their systems to achieve cost savings, increase the reliability of the system and help reduce CO₂ emissions from the use of electricity. The programme has been targeting users by providing general information on how to improve compressed air systems such as the compressed air fact sheets, which are also available in English on the campaign Website („Druckluft effizient“ 2003). In addition, the campaign developed a one day training seminar in which more than 700 people from all sectors of industry participated to get the system optimization process started. There was also an audit campaign in which 70 companies received a free and detailed compressed air system audit. Results from this audit campaign have already been reported elsewhere (Radgen 2004a).

A question which arose during the audit campaign concerned the problem of pre-screening compressed air systems to effectively identify the possible improvement potential without investing too much money in measurements. This proved to be a vital question as there were far too many applicants for the free audit. The objective was to help compressed air users improve their systems using very simple measures and to follow up the savings achieved. Benchmarking was identified as one possible measure.

Benchmarking

Benchmarking is the comparison of processes, practices or services in order to create a baseline and identify deficiencies at individual sites. This can be done on a product or service level by comparing costs, quality, efficiency, consumer satisfaction, time to delivery or other indicators judged to be relevant to describe the activity. Benchmarking can compare annual values of indicators within a company, different sites within a company or one company's results with other companies from the same or different sectors. The greater the amount of data for comparison, the more robust the results, so it is important that the maximum possible number of companies participate in the benchmarking activity. Care should be taken that benchmarking is not aimed at identifying „black sheep“ but instead at „Best Practices,“ which will help to bring about a competitive advantage.

Benchmarks have been used for a long time as an effective instrument in corporate controlling since they compress an extensive quantity of data into a comprehensible amount of key information. Benchmarks thus facilitate management decisions. Companies can then see where they stand in comparison with other companies of a similar production structure. Continual controlling is essential to maintain any competitive advantage.

Compressed air benchmarking

The availability of compressed air is a prerequisite in almost all companies. Therefore each company operates at least one compressed air system to provide the required air. However knowledge about the system is typically crude. Questions asked which often could not be answered include:

1. What is the energy consumption per m³ of air?
2. What is the cost per m³?
3. Would it be possible to reduce the maintenance cost?
4. Am I using the right technology?

To answer such questions a set of indicators need to be defined which can then be used for comparison and to evaluate and improve the situation. A set of 23 indicators was identified for compressed air benchmarking. These indicators cover not only the compressor, but the whole compressed air system, including the air and condensate treatment and the distribution system. **Table 2** gives an overview of the indicators selected to analyse compressed air systems.

Table 2: Compressed air system indicators for benchmarking

compressed air cost per Euro turnover	compressed air cost per employee	compressed air cost per m ³	electricity consumption for compressed air per Euro turnover
electricity consumption for compressed air per employee	cost for electricity consumption per Euro turnover	share of electricity consumption for compressed air in total electricity consumption	specific power consumption for the compressor station
load factors of compressors	specific electricity consumption per m ³ of air	number of malfunctions and repairs per operating hour	average age of compressors
installed compressor capacity per employee	size of storage capacity to installed compressor power	relation between electricity and fuel price	waste disposal cost per m ³ of condensate
average percentage pressure loss in the distribution	maximum velocity in the main line	piping materials used	type of pipe connection used
length of distribution line per installed compressor power	type of dryers used	types of condensate traps used	

Source: Radgen 2004b

Based on the set of indicators identified, the data required to participate in the program are fixed. The data required can be divided into two groups. The first concerns general information about the company such as details of the contact person, the sector of activity and the access data. These

data only have to be provided once and need only be updated if changes occur. In addition annual data are required on electricity costs (working and supply charges), turnover, number of employees and other general data which typically change each year.

The second data group is linked to the compressed air system installed. Data on the technical equipment such as the size and type of compressor, the type and capacity of the dryer, the length and material of the piping and other have to be supplied once and are saved. On a yearly basis operating data have to be entered such as the number of operating hours, the dewpoint selected and the number of filters replaced.

The system was designed in such a way that operating data can be given beginning with the year 2000. Trial tests showed that it takes about 1.5 hours to collect and enter all the data required for a period of 4 years and about 15 minutes to update this data for an additional year. However, as the experiences made with the compressed air measurement campaign showed, sometimes not all the data can be provided by the system operator. For example, the number of operating hours at full load often cannot be accurately provided because many compressors only have a counter for the total number of operating hours, which include hours when the compressor is idling. Therefore in some cases, default values had to be used to enable a calculation to be made even where some values are missing.

Implementation of compressed air benchmarking

The benchmarking system should be able to handle a large amount of data and it should be easily accessible to every compressed air user. Therefore the decision to use a web-based benchmarking system was the obvious choice. Data are collected via a web interface and stored in a database. The data of each user are password protected and can only be modified or viewed by the owner. To ensure data confidentiality, the benchmarking indicators are anonymized so that it is impossible to identify the companies which have taken part in the benchmarking. The data are hosted by the Fraunhofer ISI, an independent non-profit research organization.

The analysis of the data was divided into two different stages for the benchmarking process. The first one is internal benchmarking. Here, no reference is made to competitors' data; instead the company's own indicators are analyzed for a period of time beginning with the year 2000 (if the data has been provided). This internal benchmarking enables the user to identify savings achieved by measures already undertaken to improve the system, or to identify significant changes which might be due to faults in the system. For example, if the total air production has risen significantly without a corresponding change in production, this could indicate defective condensate traps or broken distribution pipes which might not have been identified without monitoring the system. In the second stage, external benchmarking compares the company's own indicators with indicators from competitors and presents the results graphically in charts and tables. This external benchmarking can be done for each year independently. In the diagrams, the company's own values are shown in red whereas the data of other companies are shown in blue. In addition the mean value of each indicator is calculated based on all the data available. As benchmarking aims to motivate companies to become the best of the best, the mean of all the indicator values which are greater than the overall mean is also displayed. Upper and lower values are also given for the indicator, so that the user can easily see whether this indicator has a large range or not.

To make sure that results are comparable between different companies, the 4-digit NACE code level is used. However, due to the large amount of NACE codes it cannot be guaranteed at the start that there will be sufficient values available for a useful comparison. In these cases, the system automatically makes the comparison at the level of the group of companies belonging to the same NACE 2-digit group or even taking all data entries into account. In any case, the results clearly state which degree of detail was possible.

It should be noted that the results of the external benchmarking are dynamic and not static like the

values from the internal benchmarking. All the available data in the database are used for the external benchmarking. Therefore if additional companies join the benchmarking system, the values of their indicators influence the mean values and might enable comparisons to be made on a much more sector-specific level. As more and more companies participate in the benchmarking, the results become more and more robust.

So far the benchmarking system has been developed for the German market. For this reason, the texts are only available in German and the only currency used is the EURO. Due to the high degree of acceptance of the benchmarking approach throughout industry in Germany, the system is now about to be introduced in Switzerland as well. However this requires modifications to the system structure since the system for Switzerland has to be able to handle German, French and Italian and make calculations based on Swiss Francs. At present, the system is being adapted to these new demands. After these adaptations have been made, extending the system to include other languages or currencies should be very straightforward and will mainly require translation work.

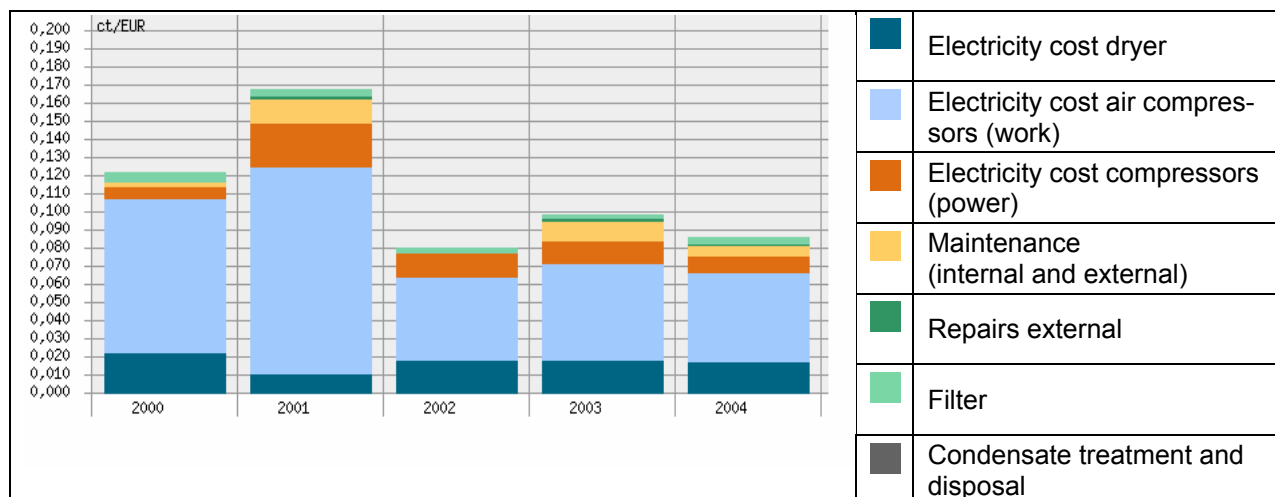
Results of the internal benchmarking

In the following, exemplary results of the benchmarking for one company are presented. In some cases, the figures are already outdated as the analysis was made using the database version of December 2004. To start with, once the data had been provided, the indicators of the internal benchmarking were calculated and analyzed. Calculating the indicators for the internal and external benchmarking is done on-the-fly, so the results can be shown directly after the data entry has been completed. There is no need to wait and log on to the system later to view the results. However, the benchmarking will only work if companies supply as complete a set of data as possible. Indicators for which the company's own value could not be calculated will not be displayed. This should be seen as an incentive as companies tend to try and take advantage of benchmarking results without revealing their own data.

Figure 2 shows the results for the indicator „compressed air cost in Eurocent per Euro turnover.“ One explanation for the results is that high-tech sectors typically have lower compressed air costs per Euro turnover than sectors with standard products. It should also be noted that a lower use of production capacities will reduce the turnover but that typically the specific energy consumption still rises which will also show up in a higher cost for compressed air per Euro turnover. A value of 5 Eurocent per Euro turnover can be taken as an upper boundary in industry.

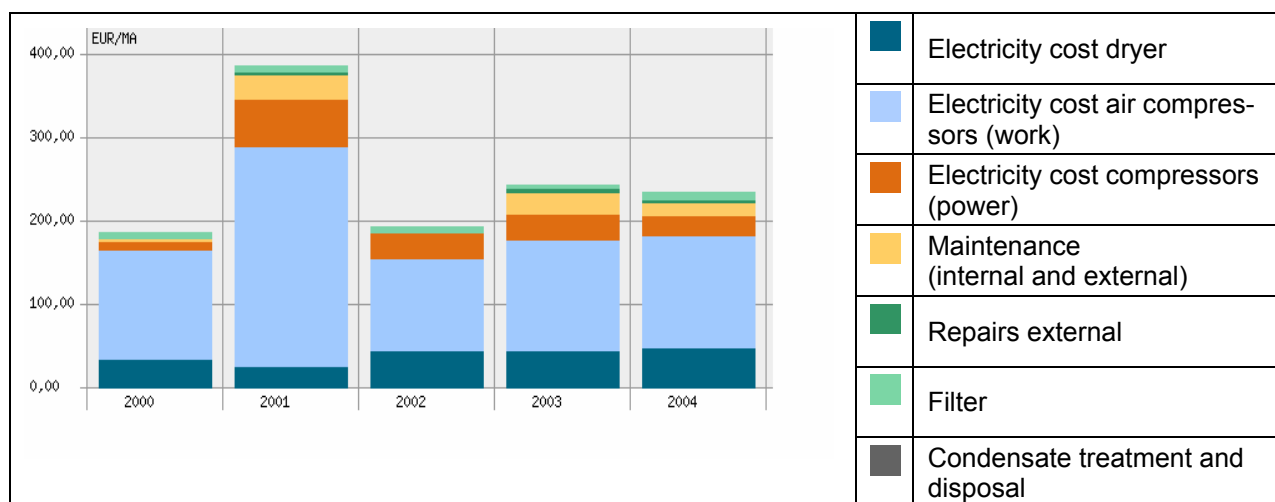
For the company under consideration, the values vary around 0.1 Euro-cent per Euro turnover, which is a very low value. So compressed air will not be as important for this company as for many others. This is also supported by the results of the indicator „share of compressed air electricity consumption in total electricity consumption“, which is in the range from 1.8 to 3.6 % for all years. As can be seen, the cost for compressed air as a share of turnover was highest in the year 2001, mainly due to a significantly increased cost of electricity for the compressors. The power costs were especially high during this year.

In the labour-intensive sectors of industry, the relation of compressed air cost to the number of employees is important. In companies where the share of pneumatic tools is high, the consumption of the site typically corresponds well with the number of people working there, see **Figure 3**. It is also an indicator of the extent to which the production is running automatically. Companies which are producing high quantities of products with a small number of employees, such as is the case in the manufacture of glass or cement, will have typically high values. Typical values for the compressed air cost per employee are in the range from 10 to 10 000 Euro.



Source: „Druckluft effizient“ 2004

Figure 2: Results of the internal benchmarking: indicator 1: compressed air cost in Eurocent per Euro turnover



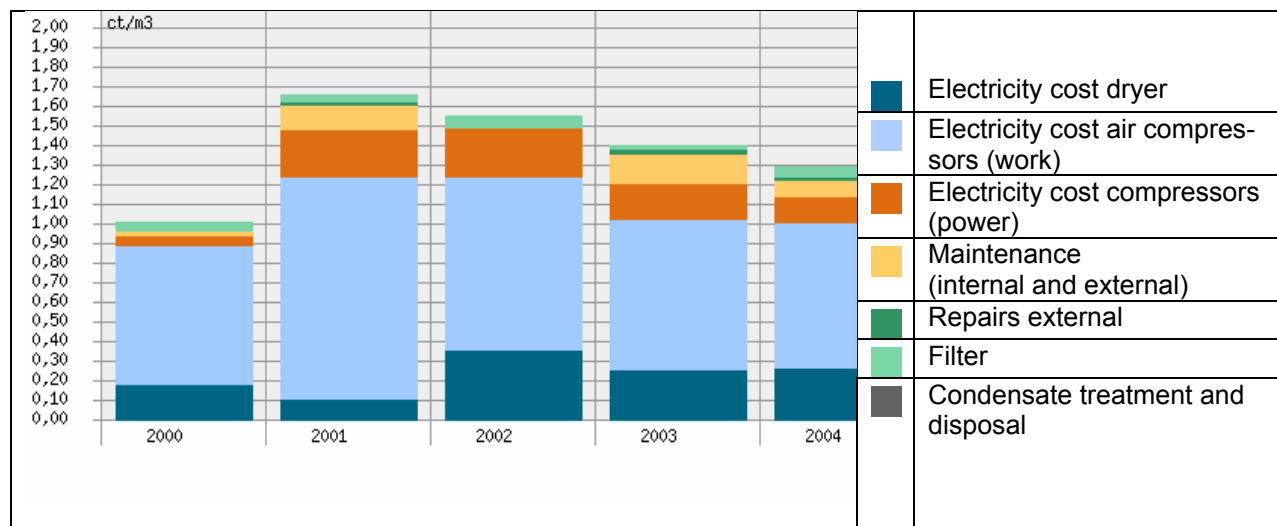
Source: „Druckluft effizient“ 2004

Figure 3: Results of the internal benchmarking: Indicator 2: compressed air cost per number of employees

The indicator attracting most attention is typically the „specific cost of compressed air expressed in Eurocent per cubic meter of air“. This value, which depends on the pressure level, the required air quality, and other factors, is a key indicator for comparison. However it should be kept in mind that some parts of the cost, such as man hours for maintenance, are often not correctly allocated to the generation of compressed air. Neither does the cost data include the investment cost. The values obtained are typically in the range from 0.5 to 2.5 Euro-cent per cubic meter, see **Figure 4**.

If investment costs are taken into account, this typically adds about 10 to 25 % to costs, depending on the size and the number of operating hours of the compressed air system. About 60 to 80 per cent of the life cycle costs of compressed air systems are typically related to energy consumption. Therefore the limit placed on the operation and maintenance cost in the benchmarking seems to be appropriate. In addition it should be taken into account that investment costs depend heavily on the size and purchasing power of a company. The same compressor can have a price from 50 to

140 % of its list price, depending on the customer. However this improvement potential lies outside the scope of an optimization aiming at identifying the economic energy saving potential. **Table 2** summarises the results of the calculations in absolute values.



Source: „Druckluft effizient“ 2004

Figure 4: Results of the internal benchmarking: Indicator 3: compressed air cost in Eurocent per m³

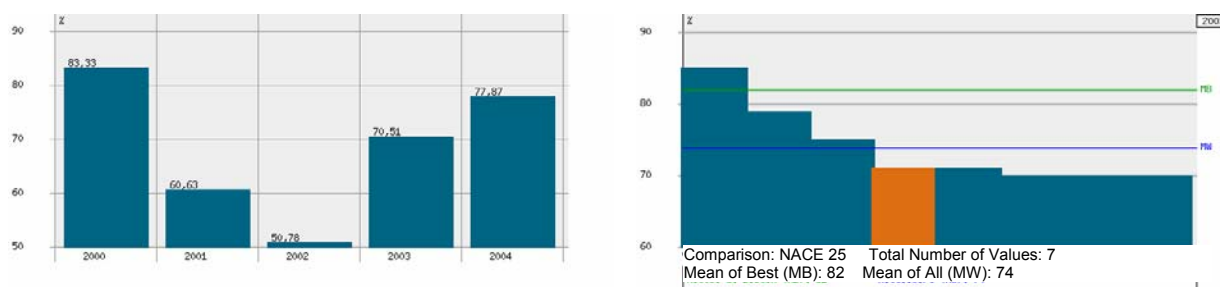
Table 2: Detailed data for the composition of the different indicators

			2000	2001	2002	2003	2004
	Electricity cost dryer	[EUR]	4,480.00	2,520.00	4,480.00	4,480.56	4,592.00
	Electricity cost air compressors (work)	[EUR]	16,960.00	26,460.00	11,036.00	13,318.00	12,736.00
	Electricity cost compressors (power)	[EUR]	1,250.00	5,625.00	3,125.00	3,125.00	2,343.75
	Maintenance (internal and external)	[EUR]	525.00	3,000.00	not known	2,625.00	1,500.00
	Repairs external	[EUR]	5.00	400.00	not known	500.00	250.00
	Filter	[EUR]	1,000.22	700.00	696.00	350.00	870.00
	Condensate treatment and disposal	[EUR]	300.00	350.00	500.00	1,500.00	1,200.00
	Total cost	[EUR]	24,520.22	39,055.00	19,837.00	25,898.56	23,491.75
	Turnover	[Mill. EUR]	20.000	23.123	24.000	25.000	26.000
	Total cost/Turnover	[ct/EUR]	0.123	0.169	0.083	0.104	0.090
	Number of employees	[MA]	130.00	100.00	100.00	100.00	95.00
	Total cost per employee	[EUR/MA]	188.62	390.55	198.37	258.99	247.28
	Compressed air production	[Mill. m ³]	2.400	2.338	1.248	1.733	1.723
	Total cost per m3	[ct/m ³]	1.022	1.671	1.590	1.495	1.363

Results of external benchmarking

The external benchmarking is the second step of the analysis. In the external benchmarking targets for the company's own indicators can be obtained based on the operating practices of competitors. Whenever possible, the comparison is made on the 4-digit NACE code but, for the example given, there were not enough data available on this detailed level. Instead, the group of companies with the same 2-digit NACE code were used for comparison. The automatically generated benchmarking report also contains the maximum, minimum and average values for each indicator for all levels of detail, ranging from the 4-digit NACE code up to all the data sets available.

Figure 6 shows the results for the indicator „compressed air system load factor“. It is well known that idling compressors are very common in industry due to fluctuating compressed air demand. However, this idling represents one source of useless electricity consumption. A low load factor indicates that the compressors are not correctly sized for the air requirements of the company. The correct splitting of the compressor system or the use of frequency controlled compressors can significantly reduce this part of electricity consumption. For a better insight, the results of the internal benchmarking for this indicator are shown alongside the values from the external benchmarking. 7 data sets are available at the 2 digit NACE code level. The mean value of the load factor for these companies was calculated to be 74 %. By averaging the best values, a much higher mean value of 82 % is obtained.



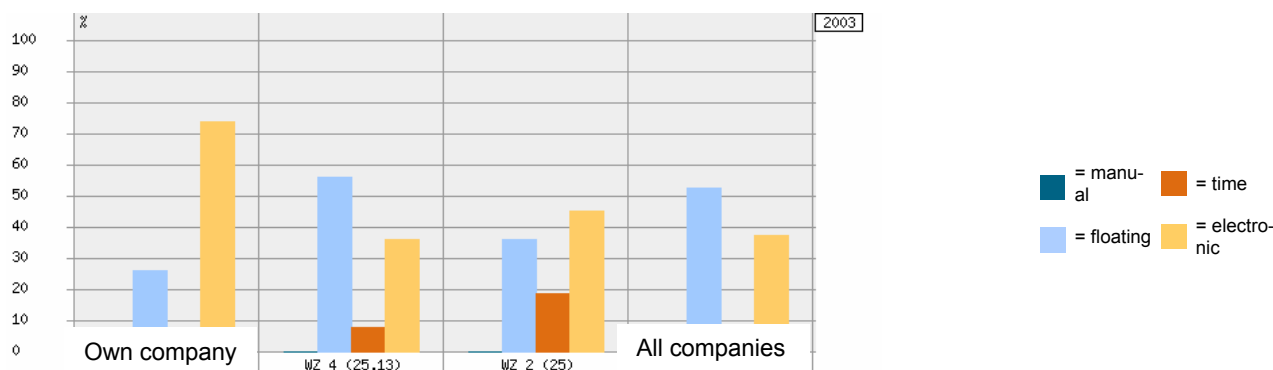
Source: „Druckluft effizient“ 2004

Figure 6: Results of the internal and external Benchmarking: Indicator 9: compressed air system load factor

The company under analysis only achieves a load factor of 70.5 % in 2003, the year for which the external benchmarking was conducted. The results of the benchmarking also include some information on how to improve the indicator. The additional information presented depends on the results of the benchmarking. If the company's own value is better than the mean of the best, general information is provided. If the value is between the two averages, possible reasons are suggested and explained and it is recommended to look at the other indicators to keep the user focused on areas where the largest potentials are found. If the value is below average, practical tips are given on what to do to improve the situation. In the case of the load factor, for example, the low load factor may be caused by the under dimensioned size of the storage tank or an inadequate pressure control at the compressors.

In addition to the indicators related to energy consumption and costs, more general indicators are also calculated. **Figure 7** shows the use of different types of condensate traps. The most common condensate traps used in industry are floating traps. The main problem with this type of condensate trap is that the trap may get blocked and cannot close completely. If this is the case, the trap then functions as a continuous leak. Another common type are time-controlled traps, which need to be adjusted to the maximum amount of condensate possible. However, since humidity changes throughout the year, the trap might open even in the absence of any condensate and compressed

air is then blown off instead. Therefore electronic traps should be used. Today about 50 % of traps used are of the floating type and 35 % are electronic. However, in some sectors of industry these shares are very different; for example, in NACE 25.13, „Manufacture of other rubber products“, 20 % of condensate traps are still time-controlled, which indicates a vast potential for improvement.



Source: „Druckluft effizient“ 2004

Figure 7: Results of the internal and external benchmarking: Indicator 23: condensate traps (WZ 4 and WZ 2 equivalent to NACE 4 and 2 digit)

Conclusions

A benchmarking system was developed for compressed air systems as part of the German Compressed Air Campaign and has been available online since 2004. Since the launch of the system, about 120 companies from different sectors have participated in the system to benchmark their compressed air systems in order to receive up-to-date information about the performance of their systems compared to best practices. The benchmarking is being promoted still further in order to increase the number of participants so that, ultimately, each user will be able to compare themselves directly with other companies from the same sector. In addition, companies taking part in the benchmarking project can ask for help if they have doubts about the results or are not able to interpret them.

The benchmarking approach has proven to be a very effective instrument for analysing compressed air systems without having to make expensive measurements of the system. Nevertheless, benchmarking will not be able to completely replace on-site measurements and analysis, as it is not able to account for all the specialities of a compressed air system. This is especially true for end uses of compressed air. If, for example, compressed air is used for cooling, it might be able to be replaced by a simple blower with much lower energy consumption. However as the number of possibilities here is too large, these issues are not dealt with as part of the benchmarking and still require an inspection by a compressed air expert.

Acknowledgments: The development of this benchmarking approach was supported by the German Ministry of Economics and Labour and 18 companies as part of the „Druckluft effizient“ campaign. The continued maintenance and system adaptation to include multiple languages and currencies is being supported by the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) under contract No. 151 181.

References

- Radgen. P.; Blaustein. E. (Eds.). *Compressed air systems in the European Union - Energy Energy. Emissions. Savings Potential and Policy Actions*. LOG_X Publishing. Stuttgart. Germany. 1999. (www.isi.fhg.de/e/publikationen/c-air/compressed-air.htm)
- [Druckluft effizient] Campaign efficient compressed air. 2003. *Compressed Air Fact sheets*. Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Germany, www.druckluft-effizient.de/e/facts/.
- [Druckluft effizient] Campaign efficient compressed air. 2004. *Compressed Air Benchmarking*. Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Germany, www.druckluft-effizient.de/benchmarking/.
- Radgen. Peter. 2004a. Compressed Air System Audits and Benchmarking. Results from the German Compressed Air Campaign „Druckluft effizient“. Proceedings of the 3rd *European Congress Economics and Management of Energy in Industry*. Estoril-Lisbon. Portugal, April
- Radgen. P. 2004b. *Indikatoren für das Benchmarking von Druckluftanlagen*. (engl. Indicators for Benchmarking of compressed air systems) Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Germany.