



# Druckluft im Handwerk

Energie sparen – Klima schützen –  
Kosten senken!



Druckluft  
*effizient*



 BHT  
Bayerischer Handwerkstag

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



# Druckluft im Handwerk

In einem großen Teil der Handwerksbetriebe wird Druckluft eingesetzt. Vielen Handwerkern ist nicht bewusst, wie wichtig und wirtschaftlich notwendig ein sorgsamer Umgang mit diesem Energieträger ist. Bestehende Druckluftinstallationen weisen oft erhebliche Einsparpotentiale auf, die sich jeder Anwender zu Nutze machen sollte.

Mit einer optimal funktionierenden Druckluftanlage können Sie folgende Kosten senken:

## Energiekosten

Je nach Laufzeit der Kompressoren machen die Energiekosten 60 bis 80 % der Druckluft-Gesamtkosten aus. Leckagen spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie bedeuten einen überflüssigen Druckluft- und Energieverbrauch. Schon ein Leck von nur einem Millimeter Durchmesser kostet im Jahr EUR 240.

Lochdurchmesser	Ausströmende Luftmenge bei 6 bar <sub>i</sub>	Energieverlust	Zusätzliche Stromkosten*
[mm]	[l/min]	[kW]	[EUR/Jahr]
1	72	0,3	240
3	666	3,1	2480
5	1854	8,3	6640

\* bei 8000 Bh/Jahr und 0,10 EUR/kWh

Auch ein nicht korrekt angepasster Betriebsdruck kostet Geld. Jedes Bar zu hohe Verdichtung – beispielsweise zum Ausgleich von Druckverlusten wegen zu geringer Leitungsquerschnitte – erfordert 6 bis 10 % mehr Antriebsenergie am Kompressor.

## Wartungs- und Investitionskosten

Unzureichende Planung oder Wartung einer Anlage verursachen erhöhte Folgekosten. Bei einer optimal eingestellten Druckluftanlage und einem sparsamen Umgang mit Druckluft muss der Kompressor weniger arbeiten, verschleißt langsamer und muss seltener gewartet werden. Neu anzuschaffende Kompressoren können bei richtiger Auslegung des Druckluftsystems möglicherweise kleiner gewählt werden. Einer der vorhandenen Kompressoren erweist sich vielleicht sogar als überflüssig.

## Personalkosten

Ein Druckluftwerkzeug bringt nur beim richtigen Druck die volle Leistung. Schon bei einem Druckabfall von 6,3 auf 5,3 bar werden beim Schleifen 30 % weniger Material abgetragen und der Mitarbeiter muss 40 % länger arbeiten. Ein Beispiel: Der Mitarbeiter schleift pro Tag 3 Stunden bei 6,3 bar. Bei einem Stundensatz von EUR 30 kostet diese Arbeit EUR 90. Reduziert sich der Druck wegen Druckverlusten auf 5,3 bar, so benötigt er 4,2 Stunden. Die Arbeit kostet dann EUR 126. Es fallen somit EUR 36 Mehrkosten pro Tag bzw. EUR 7.200 pro Jahr an.

Regelmäßige Wartungen helfen nicht nur Energie einzusparen, sondern auch die Zuverlässigkeit der Druckluftanlage zu erhöhen. Beispielsweise kann sich bei einem schlecht gewarteten Trockner Kondenswasser in der Leitung bilden. Muss dieses entfernt werden, steht währenddessen die Anlage (und vielleicht der ganze Betrieb) still.

Ein effizienter und überlegter Umgang mit Druckluft ist die Grundlage für einen wirtschaftlichen Einsatz. In dieser Broschüre erfahren Sie, worauf Sie bei der Planung und Wartung von Druckluftanlagen achten sollten. Schon mit einfachen Maßnahmen können Sie Kosten senken und gleichzeitig zum Klimaschutz beitragen.

Machen Sie mit, es lohnt sich!

Ihr Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz

## 1. Wahl des richtigen Kompressors

### Bauart und Dimensionierung

Viele Handwerksbetriebe haben einen geringen Druckluftbedarf und benötigen die Druckluft nur zeitweise. In diesen Fällen ist ein Kolbenkompressor eine gute Wahl. Er läuft nur, so lange Druckluft benötigt wird. Nach Befüllen des Druckluftbehälters schaltet er sich ab und geht nicht in Leerlaufbetrieb. So entsteht kein Stromverbrauch über die Druckluft-Lieferzeit hinaus. Für einen Verbrauch von mehr als 1 m<sup>3</sup>/min und für Dauerlastbetrieb sind dagegen Schraubenkompressoren besser geeignet.

Zu groß gewählte Schraubenkompressoren können den Energiebedarf unnötig erhöhen, da sie im Leerlaufbetrieb Strom verbrauchen. Bei Neuanschaffung eines Schraubenkompressors sollte beachtet werden, dass neben der meist standardmäßig vorhandenen Volllast-Leerlauf-Aussetzregelung auch eine Regelung in der Kompressorsteuerung programmiert ist, die je nach Luftbedarf zwischen Volllast-Leerlauf und Volllast-Aussetzregelung wechseln und so den Betrieb des Kompressors an den aktuellen Bedarf anpassen kann. Unkenntnis des tatsächlichen Bedarfs sowie ein zu großer »Sicherheitszuschlag« führen oft zur Anschaffung überdimensionierter Kompressoren. Ermitteln Sie daher vor dem Kauf Ihren tatsächlichen Druckluftbedarf.

### Energieverbrauch

Betriebe mit höherer Auslastung der Kompressoren sollten bei Neuanschaffungen auf den Energieverbrauch von Kompressoren und Trocknern achten. Die entscheidende Kenngröße ist der spezifische Leistungsbedarf (Energieverbrauch in kWh zur Verdichtung von 1 m<sup>3</sup> Luft bei Normbedingungen). Bei einem energieeffizienten Kompressor kann sich der höhere Kaufpreis durch enorme Energieeinsparung schnell amortisieren. Neuere Kompressoren haben aufgrund geringeren Verschleißes und Bauartverbesserungen einen besseren Wirkungsgrad und benötigen weniger Energie. Da bei der Kompression und anschließenden Abkühlung von Luft das darin enthaltene Wasser teilweise kondensiert, kann sich im gesamten Druckluftsystem Kondenswasser bilden. Bei stationären Kompressoren ist daher ein Trockner notwendig.

#### TIPPS

- Den Trockner nach dem Druckluftbehälter anordnen. Durch die Wasserabscheidung im Behälter sinkt der Energieverbrauch des Trockners. Zusätzlich werden Partikel zurückgehalten.
- Überprüfen, ob der Trockner in betriebsfähigem Zustand ist.

## 2. Laufzeiten des Kompressors

Schraubenkompressoren verbrauchen im Leerlaufbetrieb ohne Druckluftlieferung ca. 30 % ihres Energiebedarfs unter Volllast. Damit verbunden ist ein kostspieliger hoher Motorverschleiß durch mehrfachen Wechsel pro Minute zwischen Last- und Leerlaufbetrieb. Um die Leerlaufzeiten beim Schraubenkompressor zu minimieren gibt es zwei Möglichkeiten:

### Abschalten des Kompressors außerhalb der Betriebszeiten

Selbst wenn kein echter Verbrauch vorhanden ist, arbeitet der Kompressor für die Leckagen. Die Kompressoren sind daher außerhalb der Betriebszeiten auszuschalten. Das schont nicht nur den Geldbeutel, sondern auch den/die Kompressor/en. Sinnvoll kann ein Hauptabsperrentil sein. Es sollte zu Betriebsbeginn langsam geöffnet werden, damit der Trockner nicht von einer zu großen Druckluftmenge überfahren wird.

### Einstellung der Regelung

Die Möglichkeiten zur Leerlaufminimierung bei Schraubenkompressoren sind oft nicht ausgeschöpft. Für die Begrenzung der Schaltspiele und damit auch für die optimale Einstellung der Leerlaufzeiten ist neben der Größenwahl des Kompressors auch die Größe des Druckluftbehälters sowie die gewählte Schaltdifferenz Einschalt- und Ausschalt-Druck entscheidend. Je größer der Druckluftbehälter und je größer die Schaltdifferenz, desto länger arbeitet der Kompressor am Stück bzw. desto seltener muss er schalten. Gerade bei größeren Stationen bestehen oft Optimierungspotenziale (Einstellung der Nachlaufzeiten, Einbindung in das Gesamtkonzept). Als weitere Möglichkeit bietet sich der Einsatz eines Schraubenkompressors mit moderner Steuerung an.

#### BEISPIEL

Leerlauf von zwei 11 kW-Kompressoren:  
Leerlauf 60 bis 70%, das entspricht 7.700 kWh/Jahr oder EUR 540 Stromkosten (zzgl. Kosten für Verschleiß und Wartung).

#### TIPPS

- Abschalten der Anlage nach Arbeitsende (z.B. Einsatz einer Zeitschaltuhr)
- Leerlauf minimieren
- Prüfen der übergeordneten Steuerung, sprechen Sie Ihren Hersteller darauf an.
- Ggf. die Spreizung des Druckbandes erhöhen



### 3. Leckagen

Leckagen sind reine Energieverschwender und häufig vermeidbar. Bereits kleinste Undichtigkeiten können beachtliche Stromkosten verursachen. Bei Handwerksbetrieben mit höherem Druckluftbedarf (Gesamtleistung 15 bis 40 kW) liegen die Stromkosten für Leckagen zwischen EUR 400 und EUR 2.100 pro Jahr, wenn die Druckluftanlage nach Arbeitsschluss nicht abgeschaltet wird.

Typische Leckagen entstehen durch

- undichte Schraub- und Flanschverbindungen, Schläuche, Armaturen
- korrodierte Leitungen
- innere Leckagen im Kompressor
- fehlerhafte Kondensatableiter
- falsch installierte oder defekte Trockner, Filter, Wartungseinheiten

Die Zunahme von Leckagen wird häufig nicht erkannt (z. B. verklebter Kondensatableiter, defekte Werkzeuge, Leckagen im Kompressor.)

#### BEISPIEL

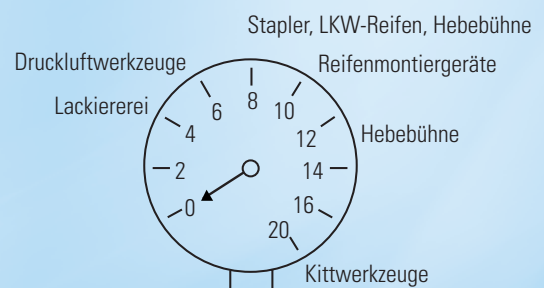
Ein Betrieb, der 48.000 kWh pro Jahr für Druckluft benötigt, *zahlt* EUR 3.600 Stromkosten insgesamt; EUR 1.600 nur für Leckage; Schaltet er seine Druckluftanlage an Werktagen nach Arbeitsschluss und an Wochenenden und Feiertagen ab, *spart* er EUR 1.200 ein.

#### TIPPS

- Abschalten der Anlage nach Arbeitsschluss
- Regelmäßiges Aufspüren und Beseitigen der Leckagen: Pfeifgeräusche, Lecksuchspray, Ultraschallgerät
- Kontrolle der Laufzeiten der Kompressoren. Erhöhen sich diese deutlich, sind vermutlich größere Leckagen vorhanden.
- Prüfen Sie, ob bei Verbrauchern zu lange oder über zu große Öffnungen Druckluft abgeblasen wird.

### 4. Druckniveau

Ein zu hoch eingestellter Betriebsdruck erhöht ebenfalls den Energieverbrauch. Mit jedem Bar Höherverdichtung erhöht sich der Energieverbrauch um 6 bis 10 %. Der Kompressor sollte nur auf den tatsächlich im Betrieb notwendigen Druck eingestellt werden. Nicht selten wird jedoch ein höherer Druck eingestellt (Sicherheitszuschläge, zu hohe Druckverluste im System, ungenaue Kenntnisse über den benötigten Druck). Hier findet sich ein enormes Optimierungspotenzial! Außerdem wird der Kompressor bei niedrigeren Drücken geschont.



Drücke für unterschiedliche Anwendungen:

Lackiererei: 4 bar  
 Druckluftwerkzeuge: 6 bar  
 Stapler, LKW-Reifen, Hebebühne (hydr./pneumatisch): 8 bar  
 Reifenmontiergeräte: 10 bar  
 Hebebühne pneumatisch: 12 bis 15 bar  
 Kittwerkzeuge: 20 bar

#### BEISPIEL

Druckreduktion von 13 bis 15 bar auf 8 bis 10 bar: Reduzierung des Stromverbrauchs und Kosteneinsparung um 25 bis 30 %.

#### TIPPS

- Druckhöhe nur auf den tatsächlich erforderlichen Druck einstellen (optimale Druckhöhe = benötigter Druck beim Verbraucher + Druckverluste in der Aufbereitung und Leitung + Schaltdifferenz).
- Druckspreizung zwischen Einschalt- und Ausschalt-Druck so gering wie möglich halten (Schaltdifferenz in der Regel bei Kolbenkompressoren 2 bar, bei Schraubenkompressoren 0,5 bis 1 bar).
- Gibt es einzelne Verbraucher, die einen besonders hohen Druck benötigen? Dann rechnet es sich möglicherweise, diese Verbraucher mit einer separaten Druckluftversorgung auszustatten oder den Druck dezentral zu erhöhen.

## 5. Druckverluste in der Leitung

Eine ungünstige Verlegung der Druckluftleitung führt zu einem hohen Druckverlust im Leitungssystem. Unnötig hohe Druckverluste im System verursachen einen höheren Energieverbrauch und (meist unerkannte) Leistungseinbußen der Druckluftwerkzeuge. Sie müssen durch einen höheren Druck ausgeglichen werden.

Druckverluste entstehen durch

- zugesetzte Filter
- zu gering dimensionierte Leitungs- oder Schlauchquerschnitte
- Engstellen
- verjüngte und verwinkelte Leitungen
- zu viele Zwischenstücke
- zu lange Schläuche, insbesondere Spiralschläuche
- Knoten in Schläuchen und verschlungen verlegte Schläuche
- mit schmalen Zwischenstück geflickte Schläuche

Häufig und in hohem Maß entstehen Druckverluste auch zwischen den Abgängen von Hauptleitungen und den Werkzeugen.

Insgesamt sollte der Druckverlust bis zu den Maschinen kleiner als 1,0 bar, bis zu Werkzeugen kleiner als 1,5 bar sein. Sind nur Werkzeuge angeschlossen, so sollte der Kompressor nicht höher als 7,5 bar verdichten. Prüfen Sie mit einem Einsteckmanometer, ob an Ihren Werkzeugen bei laufendem Werkzeug 6 bar anliegen.

### TIPPS

- Achten Sie auf gutes Leitungszubehör mit gleichmäßig großem Querschnitt.
- Gute Materialien verwenden: Messing ist billiger als Kupfer, verschleißt jedoch schneller. Hochwertige Schläuche verspröden nicht so leicht.
- Filter und Öler nur einsetzen, wo nötig.
- Nutzen Sie nur Anschlusskupplungen mit vollem Durchgang.

## 6. Regelmäßige Wartung und Instandhaltung

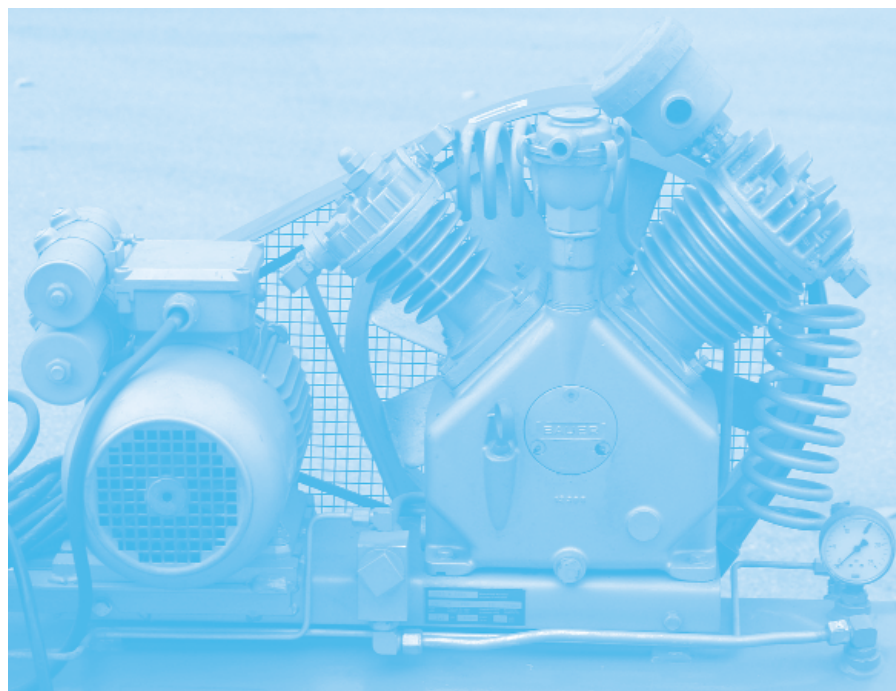
Nachlässigkeit bei der Wartung hat einen Einfluss auf die Betriebssicherheit und kann zu völliger Funktionsuntüchtigkeit der Druckluftanlage führen. Auf jeden Fall aber erhöht sich der Energieverbrauch. Verantwortlich dafür sind häufig Druckverluste bei Kühlern, Filtern und Abscheidern. Auch können im Kompressor durch z. B. defekte Ventile Leckagen auftreten und sich die Liefermenge verringern.

### BEISPIEL

Reparatur eines defekten Entlastungsventils:  
Reduzierung der jährlichen Stromkosten um EUR 1.500  
(ohne Abschalten nach Arbeitschluss).

### TIPPS

- Bestimmen Sie in Ihrem Betrieb einen verantwortlichen Druckluft-Betreuer.
- Regelmäßige Wartung mit Dokumentation ist empfehlenswert (Energieeinsparungen von 20 bis 50 % möglich). Sinnvoll ist meist auch ein Wartungsvertrag.
- Fragen Sie Ihren Wartungstechniker nach Einsparmöglichkeiten.
- Kontrollieren Sie regelmäßig den Druckverlustindikator am Filter; sofern notwendig, Filter austauschen.



## 7. Umgebungsbedingungen

Die angesaugte Luft sollte möglichst kühl, trocken und sauber sein. Die optimale Temperatur liegt bei 10 bis 20 °C. Temperaturen über 35 °C schaden auf Dauer dem Kompressor. Temperaturen unter 4 °C sollten ebenfalls vermieden werden, um ein Zufrieren von Steuerleitungen und Kondensatleitungen im Druckluftsystem zu vermeiden. Schmutz gefährdet die Betriebssicherheit und erhöht die Wartungskosten.

### TIPP

- Für ausreichende Raumlüftung und gute Abführung der Kompressorabwärme sorgen.

## Wärmerückgewinnung

Die eingesetzte elektrische Energie wird vom Kompressormotor etwa zu 90 % in Wärme umgewandelt. Bei größeren Anlagen (ab 11 kW) kann die Wärme zur Raumlüfterwärmung, Warmwasserheizung und Brauchwassererwärmung genutzt werden.

### TIPP

- Sinnvoll ist die Nutzung der Abwärme zur Raumlüfterwärmung. Im einfachsten Fall: Erwärmung der anliegenden Räume durch Öffnung des Kompressorenraums (im Winter wird Abwärme in die Werkstatt/Werkhalle geblasen, im Sommer über eine Klappe nach draußen geleitet).

## 8. Einsatz von Druckluft

Druckluft ist die teuerste Energieform. Nur etwa 20 % der im Kompressor eingesetzten elektrischen Energie wird am Druckluftwerkzeug in mechanische Arbeit umgewandelt.

Allerdings arbeiten auch Hydraulikpumpen oder die Motoren von Elektrowerkzeugen mit Verlusten und bieten zudem meist nicht die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung. Daher liegt der Energieeinsatz bei Druckluft nur um etwa 20 bis 30 % höher. Rechnet man die mögliche Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung hinzu, dann ergeben sich mitunter sogar niedrigere Gesamtkosten als bei Hydraulik und Elektromechanik

In Druckluftsystemen können Energieverluste durch Druckabfall und Leckagen entstehen. Setzen Sie Druckluft daher sparsam und energiebewusst ein. Druckluftwerkzeuge sollten vor allem dort zum Einsatz kommen, wo ihre Vorteile wie z. B. größere Handlichkeit durch geringes Gewicht und kleinere Abmessungen sowie Explosions-Sicherheit überwiegen.

### TIPPS

- Denken Sie bei Veränderungen Ihrer Druckluftanlage an die Konsequenzen für das ganze System. Falsche Dimensionierungen, Installation, Einstellungen und schlechter Wartungszustand haben einen großen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit und Produktivität.
- Beachten Sie die richtige Reihenfolge bei der Planung: Minimieren Sie erst den Bedarf und optimieren Sie dann die Anlage auf den geringeren Bedarf.



**Prüfen Sie Ihr Druckluftsystem anhand der Checkliste:****1. Wahl des Kompressors**

Gute Auslastung (über 60 %)	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Der Trockner ist nach dem Druckluftbehälter angeschlossen	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Der Trockner steht in einem kalten Bereich	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**2. Laufzeiten des Kompressors**

Die Druckluftanlage wird abgeschaltet, wenn keine Druckluft mehr benötigt wird (Wochenende, Feiertag, Arbeitsschluss)	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Der Leerlauf bei Schraubenkompressoren wurde minimiert	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Bei mehreren Kompressoren: Eine übergeordnete Steuerung ist auf den aktuellen Bedarf angepasst worden	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**3. Leckagen**

Das Druckluftnetz wird regelmäßig auf Leckagen geprüft	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Leckagen werden sofort beseitigt	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Die Laufzeiten der Kompressoren werden regelmäßig kontrolliert	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**4. Druckhöhe**

Die Druckhöhe ist auf die an den Maschinen und Werkzeugen notwendige Druckhöhe eingestellt (Hersteller nach optimaler Druckhöhe fragen)	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Die Druckspreizung ist optimal eingestellt	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**5. Druckverluste in der Leitung**

Die Filter werden regelmäßig gereinigt	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Das Leitungszubehör ist so gewählt, dass der Druckverlust möglichst gering ist	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Leitungen und Schläuche sind geradlinig und mit ausreichendem Durchmesser verlegt	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Die Schläuche sind so kurz wie möglich, es sind keine Knoten oder Flickstücke in den Schläuchen	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**6. Wartung**

Es gibt einen verantwortlichen Anlagenbetreuer	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Es gibt einen Wartungsplan und es werden regelmäßig Wartungen und Funktionskontrollen durchgeführt	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Der Betriebsstundenzähler wird monatlich abgelesen und ausgewertet	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
Es wurde ein Wartungsvertrag abgeschlossen	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>

**7. Umgebungsbedingungen**

Die angesaugte Luft ist so kühl und sauber wie möglich	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
--	--------------------------	----------------------------

**8. Wärmerückgewinnung**

Die Kompressorabwärme wird zur Wärmerückgewinnung genutzt (nur bei Anlagen > 11 kW Leistung)	ja <input type="radio"/>	nein <input type="radio"/>
--	--------------------------	----------------------------



## **Bayerisches Landesamt für Umweltschutz**

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg  
Telefon 0821/9071-0  
Telefax 0821/9071-5556  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.bayern.de/lfu](http://www.bayern.de/lfu)

## **Druckluft effizient**

c/o Fraunhofer ISI  
Dr. Peter Radgen  
Breslauerstr. 48  
76139 Karlsruhe

## **Umweltberater der bayerischen Handwerkskammern (HWK):**

### **Mittelfranken**

Dipl.-Ing. (FH) Wilhelm Scheuerlein  
Sulzbacher Straße 11-15, 90489 Nürnberg, Tel: 09 11/53 09-290, Fax: 09 11/53 09-181  
[wilhelm\\_scheuerlein@hwk-mittelfranken.de](mailto:wilhelm_scheuerlein@hwk-mittelfranken.de)

### **München Oberbayern**

Dipl.-Ing. (FH) Günter Putzig  
Max-Joseph-Straße 4, 80333 München, Tel: 089/5119-259, Fax: 089/545 18-259  
[puzik@hwk-muenchen.de](mailto:puzik@hwk-muenchen.de)

### **Niederbayern Oberpfalz**

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Brunner  
Charlottenhof, 92421 Schwandorf, Tel: 0 94 31/885-304, Fax: 0 94 31/885-302  
[gerhard.brunner@hwkno.de](mailto:gerhard.brunner@hwkno.de)

### **Oberfranken**

Dipl.-Ing. (Univ.) Wolfgang Lautner  
Kerschensteinerstraße 8, 95448 Bayreuth, Tel: 09 21/910-296, Fax: 09 21/910 45-332  
[wolfgang.lautner@hwk-oberfranken.de](mailto:wolfgang.lautner@hwk-oberfranken.de)

### **Schwaben**

Dipl.-Ing. Alfred Kailing  
Siebentischstraße 58, 86161 Augsburg, Tel: 08 21/32 59-15 43, Fax: 08 21/5 60 06-68  
[umweltberatung@hwk-schwaben.de](mailto:umweltberatung@hwk-schwaben.de)

### **Unterfranken**

Dipl.-Ing. Bernd Schenk  
Rennweger Ring 3, 97070 Würzburg, Tel: 09 31/309 08-68, Fax: 09 31/309 08-82  
[b.schenk@hwk-ufr.de](mailto:b.schenk@hwk-ufr.de)

## **Herausgeber:**

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 2004.  
Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).  
Bildnachweis: Meißner&Reisser GbR, München; Franz Oberflächentechnik, Geretsried  
Grafische Gestaltung: Meißner&Reisser GbR, München  
Druck: Ulenspiegel Druck & Verlag GmbH, Andechs; gedruckt auf 100 % Recyclingpapier