

Partner der Mittelstandsinitiative:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

DIHK



ZDH



80 MILLIONEN GEMEINSAM FÜR
ENERGIEWECHSEL

Mittelstandsinitiative
Energiewende und
Klimaschutz

Die energieeffiziente Tischlerwerkstatt

Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz

Veranstaltungstitel: TT.MM.JJJJ

www.mittelstand-energiewende.de





Die energieeffiziente Tischlerwerkstatt – Übersicht

- Energie im Tischlerhandwerk
- Strom- und Wärmeverbrauch
- Staub- und Späneabsaugung
- Lackierung
- Druckluft
- Heizung und Wärmeverteilung
- Beleuchtung
- Maschinen und Werkzeuge
- Gebäudehülle und Raumnutzung
- Mobilität und Fahrzeuge
- Organisation und Controlling
- Material-, Zeit- und Prozesseffizienz
- Ressourcen, Literatur, Links und Downloads
- Selbsteinschätzung und notwendige Maßnahmen



Energie im Tischlerhandwerk

Zahlen, Daten und Fakten zum Tischlerhandwerk¹⁾

	Insgesamt	Tischlerhandwerk
Zahl der Handwerksunternehmen	560.432	28.844 (5,1 %)
Nettoumsatz im Jahr 2020	650,7 Mrd. Euro	24,6 Mrd. Euro (3,78 %)
Umsatz je Unternehmen	1.161.118 Euro	854.117 Euro (73,56)
Anzahl tätiger Personen	5.399.165	203.420 (3,77 %)
Durchschnitt	9,6 Personen	7,1 Personen (73,96 %)
Umsatz pro Person und Jahr	120.524 Euro	121.110 Euro (von 88.058 bis 182.260 Euro)

© ZDH-Auswertung der Handwerkszählung 2020, am 28. September 2022 vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht

URL: <https://www.zdh.de/ueber-uns/fachbereich-wirtschaft-energie-umwelt/statistik/handwerkszaehlung/handwerkszaehlung-2020/>; 09.01.2023, 10:03



Energie im Tischlerhandwerk

1 bis 2 % Energiekostenanteil am Umsatz für Heizung, Öl, Gas, Wasser, Strom (inkl. Entsorgungskosten), laut Bundesbetriebsvergleich im Tischler- und Schreinerhandwerk 2012 bis 2020 ¹⁾

Kostenanteile in Prozent, bezogen auf den Jahresumsatz*	2012	2014	2016	2018	2020
Heizung, Öl, Gas, Wasser**	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	0,1 - 0,3	0,1 - 0,1	0,1 - 0,2
Stromkosten***	0,6 - 0,7	0,7 - 1,0	0,7 - 0,9	0,6 - 0,9	0,6 - 0,7
Entsorgung	0,2 - 0,3	0,2 - 0,3	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4
Anteile insgesamt	1,0 - 1,4	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	1,1 - 1,5	1,0 - 1,3

* Statistische Schwankungen aufgrund Art und Anzahl der teilnehmenden Betriebe (siehe Notizen)

** Holzrestaufbereitung für die Heizung und Treibstoffe hier nicht berücksichtigt (siehe Notizen)

*** Anteil der elektrischen Energie überproportional hoch (siehe Notizen)



Energie im Tischlerhandwerk

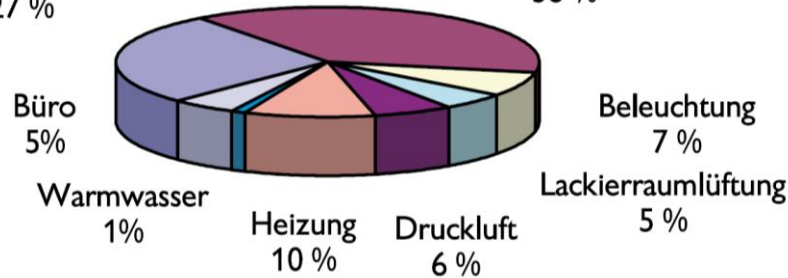
Energieversorgung und Energiepreisentwicklung – TSD-Mitgliederbefragung September 2022¹⁾

- Drei von vier Unternehmen heizen mit Holz und Holzresten, 28 % mit Gas und 14 % mit Öl (teilweise Doppelnennungen, weil eigene Holzreste nicht ausreichen und Gas oder Öl zugekauft wird).
- Drei von vier Unternehmen berichten über gestiegene (43 %) oder sogar stark gestiegenen (30 %) Preise (schätzungsweise um den Faktor 1,5 bis 2). Die steigenden Energiekosten bereiten Tischler- und Schreinerbetrieben aber in der Regel noch keine existentiellen Probleme.
- Neun von zehn Unternehmen haben in den vergangenen Jahren Maßnahmen zur Reduktion der Energiekosten ergriffen, wobei die wichtigsten Ansatzpunkte bei der Beleuchtung (70 %), bei Maschinen, Anlagen, Antrieben und Druckluft (47 %) sowie bei Verhaltensänderungen (47 %) lagen.
- Mit dem Wechsel des Strom- bzw. Gasversorgers hat zuletzt fast jeder dritte Betrieb reagiert (30 %).
- Drei von zehn Unternehmen setzen regenerative Energiequellen und Photovoltaik (PV) ein.



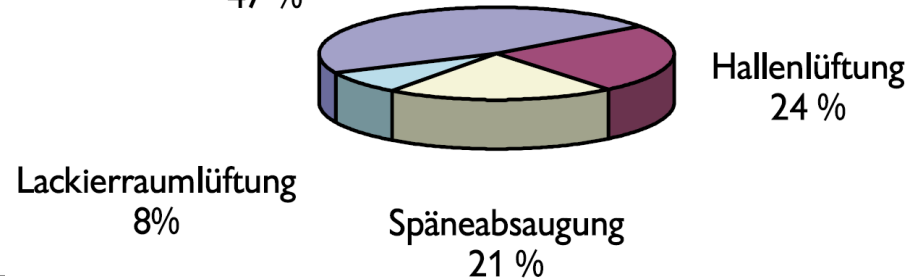
Strom- und Wärmeverbrauch

Holzbearbeitungs-
maschinen
27 %



Verteilung Elektroenergie

Transmissions-
wärme
47 %



Verteilung der Heizwärme

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002: Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;
URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>; 23.12.2022, 17:06

- Kostenanteil für elektrische Energie bislang zwei Drittel bis drei Viertel der Gesamtenergiekosten¹⁾
- Sehr unterschiedliche Anteile; abhängig von Struktur und Fertigungstiefe des jeweiligen Unternehmens



Staub- und Späneabsaugung



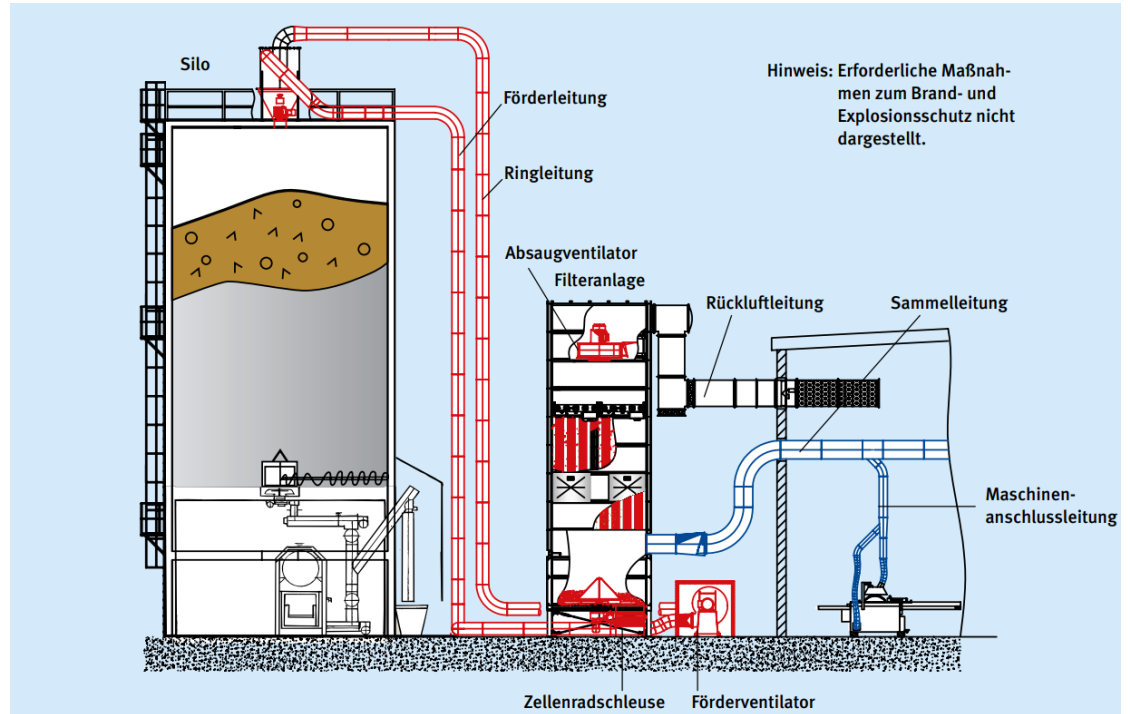
Anlagen mit und ohne Optimierungspotential



Staub- und Späneabsaugung

Anlagenbeispiel

- Zwischenfilteranlage mit kurzen Wegen für die Rückluft (zur Wärmerückgewinnung und zum Druckausgleich)
- Materialaustrag über eine Zellenradschleuse
- Ringleitung zum Silo
- Zentraler Absaugventilator reinluftseitig und drehzahlgesteuert (keine Einzel- oder Gruppenabsaugung)



© BGHM BGI 739-2 Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne;

URL: https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/Informationen/209-045.pdf;

21.12.2022, 12:39



Staub- und Späneabsaugung

Anlagenbeispiel

- Mobilentstauber, geprüft und zugelassen für den Rückluftbetrieb mit bis zu max. 10.000 m³/h Volumenstrom (ca. 7.000 m³/h Nennvolumenstrom)
- Für kleinere Werkstätten oder für eine Einzelabsaugung (bspw. für ein CNC-BAZ)
- Kann innerhalb der Werkstatträume aufgestellt werden, sodass praktisch keine Wärmeverluste entstehen.



© SCHUKO;

URL: <https://www.schuko.de/de/produkte-anlagen/mobile-absauganlagen/mobile-entstauber>;

21.12.2022, 12:48



Staub- und Späneabsaugung

Gesetzliche Anforderungen

- Holzstaub ist nach TRGS 553 (Technische Regeln für Gefahrstoffe) als krebserzeugend eingestuft.
- Bei der Holzbe- und Verarbeitung sind deshalb die gesetzlichen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) einzuhalten; dafür ist u. a. eine effektive Absaugung von Holzstaub und Spänen notwendig.
- Die Hersteller von holzstaubgeprüften Maschinen stellen deshalb Anforderungen an:
 - die Mindestluftgeschwindigkeit v in m/sec am Anschlussstutzen; in der Regel mindestens 20 m/sec, aber je nach Materiabeladung (Staub, Späne, Hackschnitzel) und Maschinentyp auch höher,
 - den Mindestluftvolumenstrom \dot{V} in m³/h und
 - den benötigten statischen Unterdruck; in der Regel maximal 1.500 Pa bei Standardmaschinen.
- Daraus ergibt sich in der Summe das abzusaugende Luftvolumen und die damit verbundenen Wärmeverluste, sofern keine direkte Rückführung der gefilterten Luft stattfindet.



Staub- und Späneabsaugung

Anteil am Gesamtstromverbrauch 38 % und Anteil am Gesamtwärmeverbrauch 21 %

Beispiel: Typische handwerkliche Holzbearbeitungsmaschinen mit Anschlussstutzen $D = 160 \text{ mm}$:

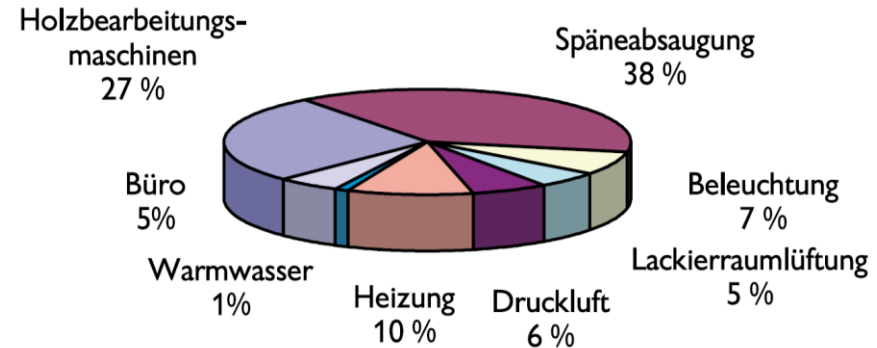
- $\dot{V} = r^2 \times \pi \times v = 0,08 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} \times 3,14 \times 20 \text{ m/sec} \times 3.600 \text{ sec/h} = 1.447 \text{ m}^3/\text{h}$
- 1.500 m³/h Absaugluft pro Stunde; bei 5 bis 7 Maschinen gleichzeitig ca. 7.500 bis 10.000 m³/h
- Lüftungswärmeverluste bzw. Wärmebedarf zum Aufheizen von 10.000 m³/h ca. 100 kW Spitzenwert, beim Ansaugen - 10 °C kalter Außenluft und Erwärmung auf + 20 °C Raumtemperatur
- Für eine Stunde sind das **ca. 100 kWh Heizleistung** aufgrund von Lüftungswärmeverlusten, sofern keine direkte Rückführung der gefilterten Luft stattfindet; je nach Betriebsweise und Installation der Anlage können 50 bis 90 % der Wärme aus bzw. mit dem Rückluftstrom zurückgewonnen werden.
- Die Antriebe der Bearbeitungsmaschinen benötigen ca. $5 \times 7,5 \text{ kW} = 37,5 \text{ kW}$ und der Ventilator ca. 7,5 bis 10,0 kW; also zusammen **ca. 45 kWh elektrische Energie** (für eine Stunde).



Staub- und Späneabsaugung

Einsparpotential 10 - 15 %

- Regelmäßige Überprüfung des Absaugvolumens und der Luftgeschwindigkeit (mind. 20 m/s), um Störungen oder Verstopfungen festzustellen.
- Bedarfsgerechte bzw. automatische Steuerung, Handschieber ersetzen.
- Rückführung der abgesaugten, gereinigten Luft in die Betriebsräume (zur Wärmerückgewinnung); dabei sind allerdings die Vorschriften hinsichtlich der Filterklassifizierung und Zulassung, sowie des Brand- und Explosionsschutzes einzuhalten.



Die Staub- und Späneabsaugung einer Tischlerei benötigt ca. 38 % der elektrischen Energie.

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002:

Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;

URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>;

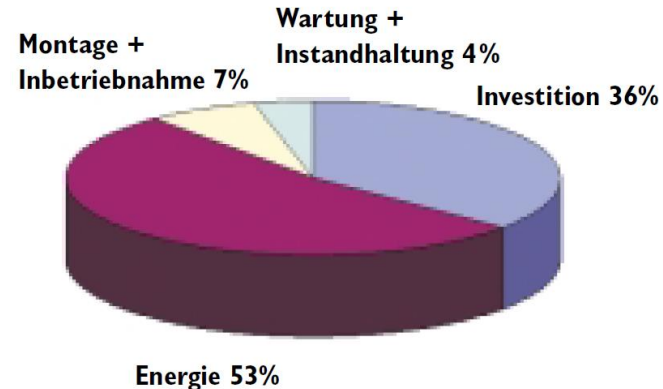
23.12.2022, 17:06



Staub- und Späneabsaugung

Einsparpotential 10 - 15 %

- Flügelräder des Ventilators auf Beschädigungen und korrekte Laufrichtung prüfen.
- Reinluftseitig angeordnete Ventilatoren haben einen besseren Wirkungsgrad und werden in der Regel drehzahlgesteuert (mit IE3- oder IE4-klassifizierten Antrieben).
- Rohrleitungsnetz möglichst kurz und gerade halten; möglichst wenige Einbauteile, Bögen oder Abzweigungen verwenden.
- Flexible Kunststoffschläuche für den Maschinenanschluss möglichst kurz halten oder vermeiden.



Kosten einer Staub- und Späneabsauganlage während einer 5-jährigen Betriebszeit

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002:

Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;

URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>;

23.12.2022, 17:06



Lackierung

Anteil am Gesamtstromverbrauch 5 % und Anteil am Gesamtwärmeverbrauch 8 %

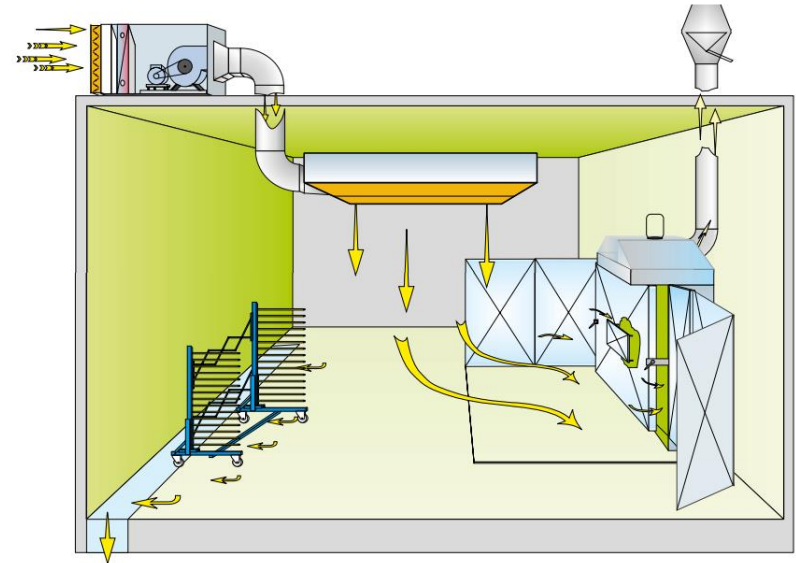
- Ähnlich wie bei den Staub- und Späneabsauganlagen, treten auch bei der Lackierung und Spritznebelabsaugung große Lüftungswärmeverluste auf.
- Keine Möglichkeit zur direkten Luftrückführung; bei langen Laufzeiten und hohen Energiekosten rechnet sich deshalb der Einbau eines Wärmetauschers im Abluftstrom.
- Weiterhin wird elektrische Energie für den Betrieb der Ventilatoren der Zu- und Abluftanlagen, ggf. für die Pumpen im Heizkreislauf sowie für die Beleuchtung und Druckluft zum Spritzen und ggf. auch zum Betrieb der Lackpumpen benötigt.
- Der Gesamtenergiebedarf (elektrisch und thermisch) schwankt stark mit der Anzahl der Betriebsstunden und mit den äußeren klimatischen Verhältnissen.



Lackierung

Beispiel 1: Lackierraum mit Spritznebelabsaugwand, Zuluftgerät, Heizregister und abgesaugtem Bodenkanal:

- Eine kleine Spritznebelabsaugwand benötigt 3.000 bis 5.000 m³/h, eine größere Absaugwand 8.000 bis 12.000 m³/h Luftvolumenstrom.
- Max. Lüftungswärmebedarf bei -10 °C angesaugter kalter Außenluft und gewünschter +20 °C Rauminnentemperatur ca. 100 kW Heizleistung (Spitze).
- Die Ventilatoren in den Zu- und Abluftströmen benötigen natürlich noch weitere elektrische Antriebsenergie (2,5 bis 7,5 kW).



Zu- und Abluftanlagen in einem Lackierraum mit gerichteter Querdurchströmung des Spritzbereichs und mit abgesaugtem Bodenkanal für die Trocknung

© DGUV Information 209-046 Lackierräume und -einrichtungen; URL:

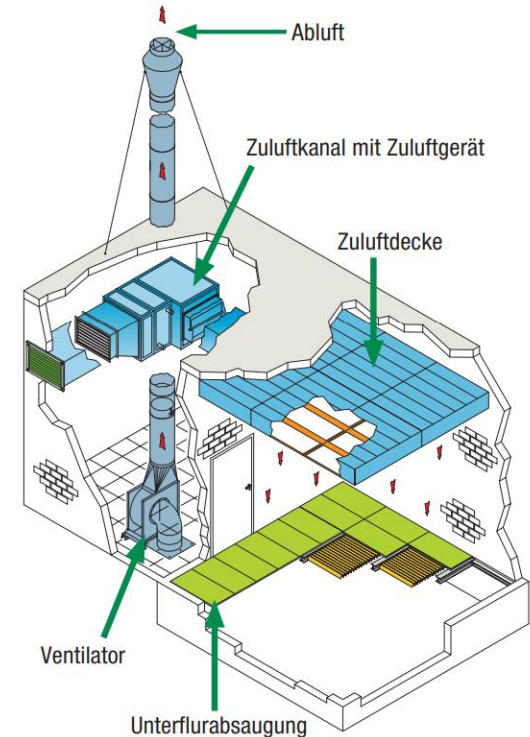
https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/Informationen/209-046.pdf; 21.12.2022, 13:52



Lackierung

Beispiel 2: Unterflurabsaugung mit Zuluftdecke:

- Die Erfassung des Oversprays erfolgt auf der gesamten Grundfläche (flexible Raumnutzung und Arbeitsrichtung).
- Eine Zuluftdecke mit passend bemessener Filterfläche ist direkt über der Unterflurabsaugung angebracht.
- Durch dieses System von Zuluft und Abluft wird eine vertikale Luftströmung von oben nach unten erzeugt, die eine sichere Erfassung des Lacknebels gewährleistet.
- Die Installation einer automatisierten Nachlaufzeit zum Abdunsten und Trocknen frisch lackierter Teile im selben Raum ist möglich.



© SCHUKO; URL:

https://www.schuko.de/fileadmin/content/PDFs/WG_10/Lackierraum-Absaugloesungen/Lackierraum-mit-Unterflurabsaugung-DE.pdf;
11.01.2023, 12:55



Lackierung

Beispiel 3: Die offene Spritzwand bei Verwendung üblicher Lacksysteme, Farben und Beizen gemäß DGUV 209-046¹⁾:

- Bei einer Verarbeitungsmenge von höchstens 100 l pro Jahr und einer wirksamen natürlichen Lüftung kann ausnahmsweise auf eine technische Lüftung verzichtet werden.
- Bei einer Verarbeitungsmenge von 100 bis höchstens 200 l pro Jahr ist mindestens eine Spritzwand notwendig.
- Ab einer Verarbeitungsmenge von mehr als 200 l pro Jahr sind Spritzlackierarbeiten nur an Spritzständen oder in Spritzkabinen oder in Lackierräumen mit wirksamer technischer Lüftung zulässig.



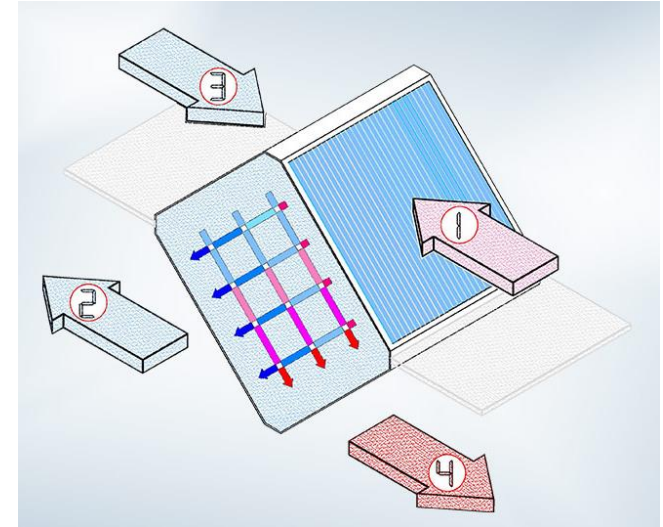
Die offene Spritzwand in der Werkstatt ist zwar unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt (Kleinmengen < 200 l pro Jahr), es sind aber trotzdem die Regeln zu Fluchtwegen, Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen, Beleuchtung, Lacklagerung und PSA zu beachten!



Lackierung

Einsparpotential 15 %

- Bei längeren Laufzeiten Wärmerückgewinnung einsetzen, bspw. Kreuzstromwärmetauscher.
- Zu- und Abluftanlage nur während der Lackiervorgänge benutzen; für den reinen Trockenbetrieb (ohne Anwesenheit von Personen) kann die Luftleistung reduziert werden, sodass sich Lüftungswärmeverluste verringern.



Kreuzstromwärmetauscher für den Abluftstrom (1, 2)

© BESSER LACKIEREN;

URL 1: https://www.besserlackieren.de/technik-produkte/kabinen-anlagen-technik/energie-durch-luft_waermetauscher-sparen/; 21.12.2022, 14:24

© SCHUKO, Bad Laer;

URL 2: <https://www.schuko.de/de/produkte-anlagen/farnebelabsaugung/luft-waermetauscher>; 21.12.2022, 14:25



Lackierung

Einsparpotential 15 %

- Verwendung von polumschaltbaren oder drehzahlgeregelten Motoren für Zu- und Abluft.
- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung der Anlagen und rechtzeitiges Wechseln der Filterelemente; ein verklebter Filter stellt einen hohen Luftwiderstand dar, verringert damit die Absaugleistung und verursacht im Spritzraum u.U. herumvagabundierende Overspray-Wolken; hilfreich ist hier eine Drucküberwachung, die den Zeitpunkt für den Filterwechsel bestimmt.
- Doppelarbeiten durch fehlerhafte Lackierungen vermeiden. Deshalb ist der Raum regelmäßig zu reinigen und von Staub zu befreien, für eine ausreichende Beleuchtung und für eine einwandfreie Luftführung zu sorgen, damit sich Overspray nicht auf frischlackierten Teilen absetzt.
- Hochglanzlackierungen ggf. an einen Spezialisten abgeben.



Druckluft

Anteil am Gesamtstromverbrauch 7 %

- In Tischler- und Schreinerwerkstätten wird Druckluft für den Betrieb unterschiedlicher Bearbeitungs- und Handmaschinen, zum Spritzlackieren, für die automatische Abreinigung von Filtern und Schleifbändern sowie für Stellteile und Steuerungselemente eingesetzt.
- Druckluft ist eine sehr teure und ineffiziente Energieform, denn ca. 90 - 95 % der elektrischen Leistung gehen als Abwärme verloren und nur 5 - 10 % der eingesetzten elektrischen Energie stehen schließlich als Druckluft (gespeicherte mechanische Energie) zur Verfügung.



© HWK Koblenz

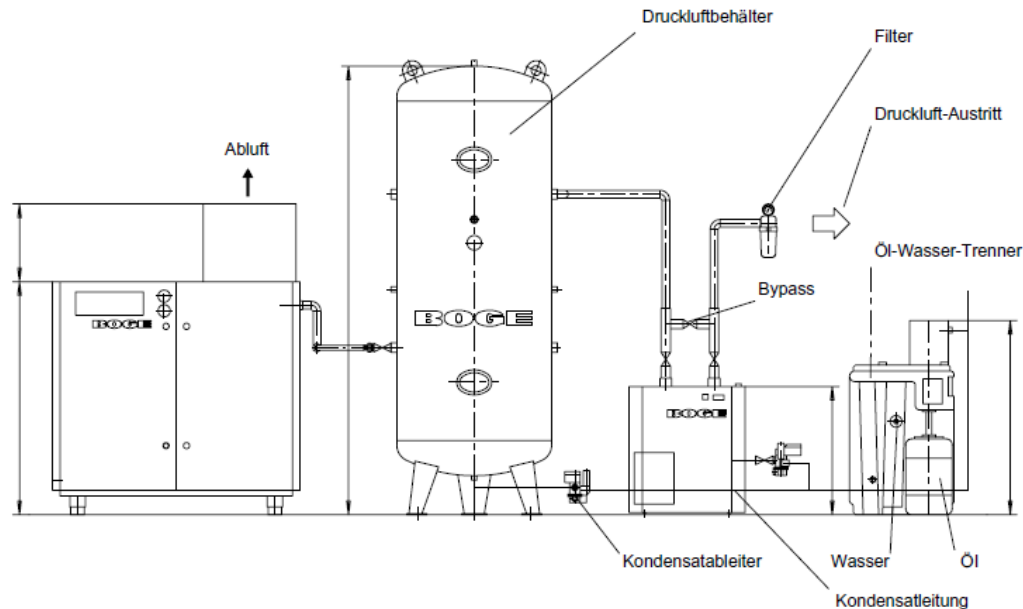
Kompressorstation mit Trockner, offen im Lagerbereich aufgestellt; Abwärme wird unkontrolliert an die Umgebung abgegeben; Ansaugluft ist nicht definiert.



Druckluft

Anteil am Gesamtstromverbrauch 7 %

- Aufgrund des schlechten Wirkungsgrades bei der Druckluftherzeugung, benötigt eine elektrisch betriebene Handmaschine (bzw. ein Akku-Werkzeug) 10- bis 20-mal weniger Energie, als das Druckluftwerkzeug.
- „Ein Druckluftkompressor ist eine sehr ineffiziente elektrische Heizung, die nebenbei auch noch ein wenig Luft zusammendrückt!“



Aufstellung eines Schraubenkompressors, in einem sauberen, möglichst staubfreien, trockenen, kühlen und gut belüfteten Betriebsraum

© BOGE Druckluft Kompendium, Kapitel 10 Der Betriebsraum

URL: <http://www.drucklufttechnik.de/>; 22.12.2022, 14:43



Druckluft

Einsparpotential 10 - 20 %

- Kompressor außerhalb der Betriebszeiten abschalten (Zeitschaltuhr); Druckbehälter außerhalb der Betriebszeiten absperren, damit er sich nicht über Nacht entleert.
- Druckniveau an Bedarf anpassen; für die meisten Anwendungen reichen 6 bis 8 bar aus; Absenkung des Druckniveaus um 1 bar kann Energiebedarf um 6 bis 8 % senken.
- Kompressor, Leitungsnetz, Schläuche, Kupplungen und Ventile regelmäßig auf Dichtheit überprüfen; kurzes und gerades Leitungsnetz mit verlustarmen Kupplungen nutzen.
- Spiralschläuche und Trommeln vermeiden.



Unnötig viele lösbare (und undichte) Schlauchkupplungen sollten durch feste Rohrleitungen und Abzweigungen ersetzt werden.



Druckluft

Einsparpotential 10 - 20 % – Leckageortung mit Ultraschall-Messgerät



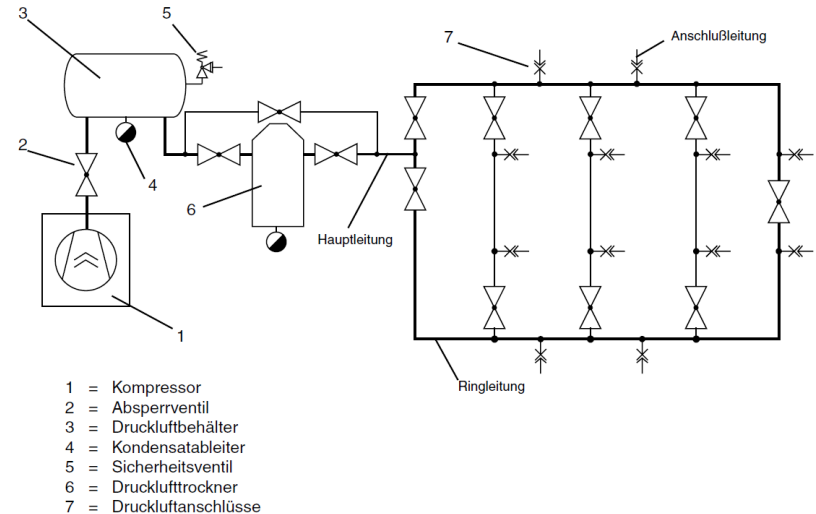
Schon kleinste Undichtheiten in Druckluftleitungen führen bei austretender Luft zu erhöhter Reibung und erzeugen für Menschen nicht hörbare Geräusche im Ultraschallfrequenzbereich.



Druckluft

Einsparpotential 10 - 20 %

- Ringleitungen für die Druckluftverteilung vorteilhaft.
- Neuanlagen fachgerecht planen (lassen), bspw. Kolbenkompressor für stoßweisen (Spitzen-)Bedarf und Schraubenkompressor für gleichbleibende Grundlast.
- (Kälte-)Trockner für die Druckluftaufbereitung.
- Kompressor möglichst kühl aufstellen; kühle und trockene Ansaugluft verbessert den Wirkungsgrad.
- Abwärme des Kompressors für Gebäudeheizung und/oder Warmwasseraufbereitung nutzen.



Druckluftverteilung mit Ringleitung sorgt für kürzere Wege als in einer Stichleitung, für geringeren Druckabfall und ermöglicht damit kleinere Leitungsdurchmesser

© BOGE Druckluft Kompendium, Kapitel 9 Das Druckluftnetz
URL: <http://www.drucklufttechnik.de/>; 22.12.2022, 15:21

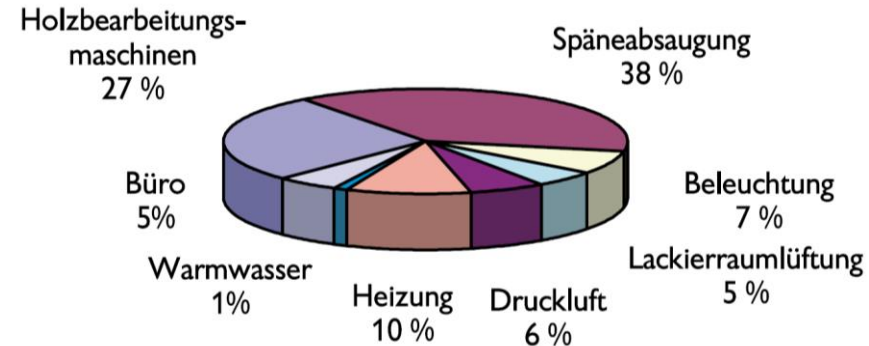


Heizung und Wärmeverteilung

Anteil am Gesamtstromverbrauch 10 %

Außer dem eigentlichen Brennstoff Holz benötigt eine Holzfeuerungsanlage auch immer elektrische Energie:

- Steuerung und Regelung,
- Umwälzpumpen,
- Rauchzugventilator,
- Lüfter oder Gebläse bei Warmluftheizungen,
- Siloaustragung und Förderschnecken bei automatisch beschickten Anlagen und
- ggf. Zerkleinerung und/oder Brikettierung.



Die Heizung benötigt immerhin 10 % des gesamten elektrischen Energiebedarfs einer Tischlerei

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002:
Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;

URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>;
23.12.2022, 17:06



Heizung und Wärmeverteilung

Anteil am Gesamtstromverbrauch 10 %



© HWK Koblenz

Hacker für stückige Holz
und Plattenreste



© HWK Koblenz

Siloaustragung und
automatische Beschickung



© HWK Koblenz

Automatisch beschickte Holzfeuerungs-
anlage mit Löschvorrichtung



© HWK Koblenz

Rauchgasventilator



Heizung und Wärmeverteilung

Heizen mit Holzresten

Das Heizen mit Holzresten ist also nicht so „kostenlos“ wie es auf dem ersten Blick erscheint:

- Verbrannte Holzreste tauchen häufig nicht in den statistischen Daten auf und es werden weder die enthaltene Heizenergie (kWh) noch ihre tatsächlichen Kosten (Euro) erfasst.
- Arbeitsaufwand für die Brennholzaufbereitung, Lagerung und Beschickung ist zu berücksichtigen.
- Investitionen für Hacker, Spänesilo, Heizungsanlage, Schornstein und sonstige Infrastruktur sind für eine Holzfeuerungsanlage deutlich höher als sie es für einen Gas- oder Ölkessel wären.
- Wartung- und Instandhaltungskosten sind aufgrund der mechanischen Einbauten bei automatisch beschickten Holzfeuerungsanlagen deutlich höher als bei einer Gas- oder Ölheizung.
- Bei einem Wirtschaftlichkeitsvergleich wären die entfallenen Entsorgungskosten gegenzurechnen.



Heizung und Wärmeverteilung

Heizen mit Holzresten

- 2,5 Kilogramm trockene Holzreste ersetzen ca. 1 l Heizöl bzw. 1 m³ Erdgas.
- Der Heizwert von 1 kg trockenen Holzresten beträgt 4,0 bis 4,5 kWh/kg.
- Um bspw. 100 kW Heizleistung am Kessel abzurufen, müssen 25 bis 30 kg Holzreste pro Stunde zugeführt werden (manuell oder automatisch).
- Nach 1. BimSchV¹⁾ dürfen keine Althölzer, keine holzschutzmittelbehandelten Hölzer, keine Hölzer mit anhaftenden halogenorganischen Verbindungen (PVC), keine sonstigen Abfälle und auch keine Verpackungshölzer, Paletten oder Kartons, sondern nur unbehandelte Resthölzer aus der eigenen Produktion verbrannt werden (ab 30 kW Heizleistung auch Reste aus Holzwerkstoffen und lackierten Hölzern, sofern der Kessel dafür zugelassen ist).



Bild oben: Hier handelt es sich eindeutig um Produktionsreste.

Bild unten: Hier wurden Alt- und Palettenhölzer unters Brennholz gemischt.

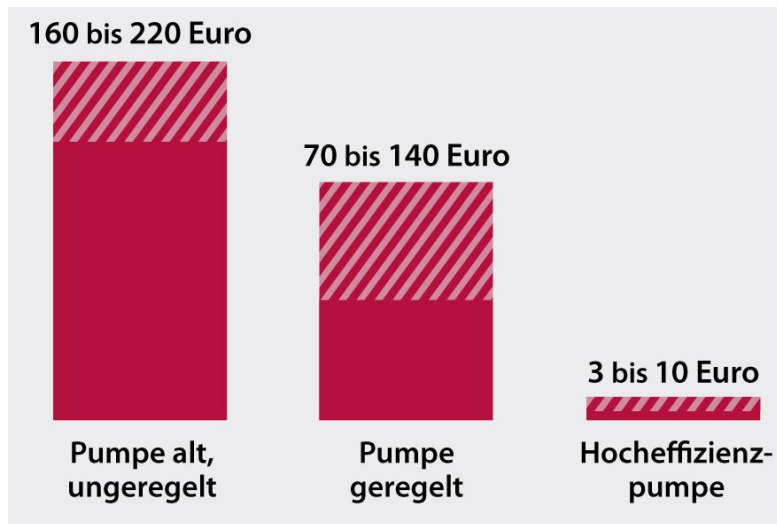




Heizung und Wärmeverteilung

Einsparpotential 15 - 25 %

- Sofern technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll, nicht steuerbare, alte Umwälzpumpen und Lüfter sowie veraltete Steuerungs- und Regelungstechnik austauschen.



© HWK Koblenz

Stromkosten pro Jahr vor und nach Austausch der Heizungspumpe
(Berechnungsgrundlage: Betrieb 6.500 Stunden pro Jahr und Strompreis 0,26 Euro/kWh)

© BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Quelle: HEA

URL: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/infografiken-gebaeudetechnik/>; 11.01.2023, 13:40



Heizung und Wärmeverteilung

Einsparpotential 15 - 25 %

- Pumpeneinstellung auf niedrigste Stufe und Pumpenleistung reduzieren; Drehzahlregelung für Umwälzpumpen empfehlenswert.
- Getrennte Steuerung und Regelung von Heizkreisläufen für Bereiche mit unterschiedlichen Raumtemperaturen (Lager, Werkstatt, Lackierung usw.).
- Heizungsanlage regelmäßig überprüfen und warten; Reinigungsintervalle des Kessels einhalten; hydraulischen Abgleich durchführen.
- Anpassung und Optimierung des Temperaturniveaus (Vor- und Rücklauf) und der Betriebszeiten (Nacht und Wochenende, Sommer und Winter).
- Dämmung der Rohrleitungen.



Ungedämmte Vor- und Rücklaufrohre strahlen unkontrolliert Wärme ab.



Heizung und Wärmeverteilung

Einsparpotential 15 - 25 %

- Sofern Heizkörper und Wandradiatoren benutzt werden, diese freihalten und nicht mit Material zustellen.
- Effizientere Wärmübergabesystemen, z. B. Deckenstrahlplatten, direktbefeuerte Dunkelstrahler oder Industrie-Fußbodenheizung anstelle von Gebläsen und Lufterhitzern.

Systeme/ Eigenschaften	Warmluftzeuger		Strahlungsheizung (Gas)			Flächenheizung
	direkt	indirekt	Gas-Infrarotheizung Hellstrahler	Dunkelstrahler	Deckenstrahl- platten	Fußboden- heizung
Anlagenwirkungsgrad	gut	gering	sehr gut	sehr gut	geringer	geringer
Hilfsenergiebedarf	erheblich	erheblich	sehr gering	gering	vorhanden	vorhanden
Geräusche	ja	ja	keine	gering	keine	keine
Luftbewegung	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Lufterneuerung	möglich	möglich	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich
Aufheizzeit	kurz	lang	sehr kurz	kurz	lang	sehr lang
Teilbereichsheizung	bedingt	bedingt	möglich	möglich	möglich	möglich
Beheizung von Räumen mit leicht entzündbaren Stoffen	bedingt	möglich	bedingt	bedingt	möglich	möglich

Gegenüberstellung unterschiedlicher Beheizungssysteme und ihrer Eigenschaften

© GEWERBEGAS.info im BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.;

URL: https://www.gewerbegas.info/fileadmin/Public/Bilder_Grafiken/Erdgastechnik/Strahlungsheizung-Beheizsysteme-Hallen.png;

12.01.2023, 13:17



Heizung und Wärmeverteilung

Einsparpotential 15 - 25 %

- Sofern Heizkörper und Wandradiatoren benutzt werden, diese freihalten und nicht mit Material zustellen.
- Effizientere Wärmübergabesystemen, z. B. Deckenstrahlplatten, direktbefeuerte Dunkelstrahler oder Industrie-Fußbodenheizung anstelle von Gebläsen und Lufterhitzern.



Vor allem Deckenstrahlplatten haben sich in den letzten Jahren in Tischlereien bewährt, weil sie problemlos an vorhandene Warmwasserheizkreisläufe anzuschließen sind und primär Strahlungswärme abgeben, sodass Luft- und Staubaufwirbelungen (der alten Gebläse) vermieden werden.



Heizung und Wärmeverteilung

Einsparpotential 15 - 25 %

- Zusätzliche Abwärmenutzung aus Druckluftanlagen; Wärmerückgewinnung aus den Abluftströmen der Spritznebel- und Späneabsaugung können die Lüftungswärmeverluste erheblich reduzieren.
- Austausch alter Holzfeuerungsanlagen gegen moderne Feststoffkessel mit höherem Wirkungsgrad (aufgrund moderner Steuerung, automatischer Beschickung und sonstiger technischer Infrastruktur benötigen diese allerdings mehr elektrische Energie als ein alter handbeschickter Kessel).
- Sofern genügend Resthölzer aus der eigenen Produktion für die ganzjährige Beheizung zur Verfügung stehen, kann Prozesswärme bspw. für den Lacktrockenraum, die Holz Trocknung oder die Furnierpressen ausgekoppelt werden.
- Sofern nicht genügend Holzreste zur Verfügung stehen, alternative Heizquellen erschließen, bspw. Luft-Wärme- oder Erdwärme-Pumpen in Kombination Photovoltaik und Solarthermie.



Heizung und Wärmeverteilung

Alternative Wärmequellen – Holzvergasung, BHKW und Solarthermie

- Die **Holzvergasung** und anschließende Verbrennung des Holzgases in einem kleinen **Blockheizkraftwerk (BHKW)** zur Erzeugung von elektrischer Energie scheitert wirtschaftlich meistens daran, dass bei diesem Prozess aus den eingesetzten Holzresten ca. 1/3 elektrische und 2/3 thermische Energie gewonnen wird.
- Wenn die Wärmeenergie aber während des Sommers nicht sinnvoll genutzt werden kann (bspw. als Prozesswärme für die Lack- oder Holz Trocknung), ist häufig der wirtschaftliche Betrieb einer solchen Anlage nicht gegeben. Weiterhin ist zu beachten, dass der Holzvergasungsprozess am besten mit stückigen, gleichförmig aufbereiteten Holzresten funktioniert, bspw. mit Hackschnitzeln; feine Holzspäne sollten vorab brikettiert werden.
- Auch bei **Sonnenkollektoren (Solarthermie)** kann die Wärmeenergie im Sommer häufig nicht sinnvoll genutzt werden, während sie im Winter nur einen kleinen Teil zur Heizwärmeerzeugung beiträgt.



Heizung und Wärmeverteilung

Alternative Wärmequellen – Dampfkessel, Dampfturbine und Dampfmotor

- Ein **Dampfkessel** mit angeschlossenem **Dampfmotor** oder einer **Dampfturbine** (zum Antrieb eines Generators) ist technisch erst ab ca. 1 MW (1.000 kW) Heizleistung technisch realisierbar.
- Doch auch hier stellt sich im Sommerbetrieb die Herausforderung, die im heißen Dampf bzw. im Kondensat enthaltene restliche Wärmeenergie hinter der Turbine sinnvoll zu nutzen (wie es bspw. für Spanplattenpressen oder Trockenkammern in der Säge- und Holzwerkstoffindustrie möglich ist).
- Soll auf die Holzresteverbrennung verzichtet werden, kommen **Erd- oder Luft-Wärmepumpen** infrage, ggf. in Verbindung mit einer **Betonkernaktivierung zum Heizen und Kühlen** sowie einer **Photovoltaikanlage**, die die notwendige elektrische Energie dafür liefert (im Winter aber u.U. nicht ausreichend).
- Natürlich können auch private **Wasser- oder Windkraftwerke** errichtet und betrieben werden, vorausgesetzt es liegt eine entsprechende Bau- und Betriebsgenehmigung vor.

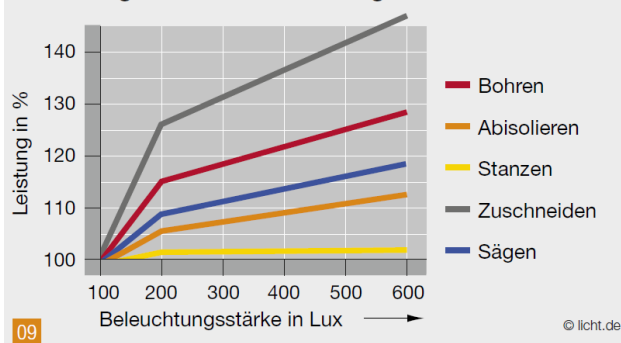


Beleuchtung

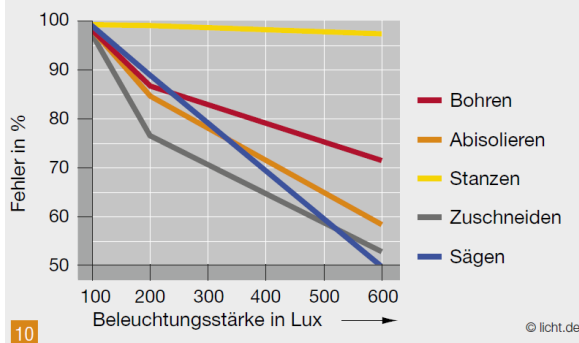
Anteil am Gesamtstromverbrauch 5 - 10 %

Eine ausreichende Ausleuchtung der Arbeitsräume ist notwendig, um die Arbeitssicherheit, die Qualität der Arbeit, das Konzentrationsvermögen und das Wohlbefinden der Mitarbeiter sicherzustellen.¹⁾

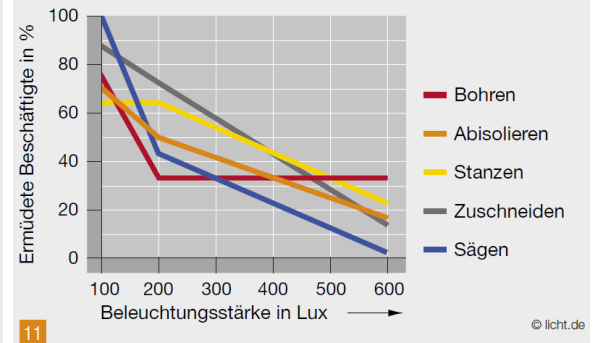
Licht steigert die Arbeitsleistung



Licht senkt die Fehlerquote



Licht beugt Ermüdung vor



© licht.wissen 05: Industrie und Handwerk; URL: https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1803_lw05_Industrie_und_Handwerk_web.pdf; 31.12.2022, 20:58



Beleuchtung

Anteil am Gesamtstromverbrauch 5 - 10 %

Eine ausreichende Ausleuchtung der Arbeitsräume ist notwendig, um die Arbeitssicherheit, die Qualität der Arbeit, das Konzentrationsvermögen und das Wohlbefinden der Mitarbeiter sicherzustellen.¹⁾

Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 Beleuchtung, Anlage 1.23 Holzbe- und Verarbeitung

	Tätigkeiten, Arbeitsplätze, Arbeitsräume und Bereiche	Mindestwert der Beleuchtungsstärke lx	Mindestwert der Farb- wiedergabe Index R _a
23.1	Automatische Bearbeitung, z. B. Trocknung, Schichtholzherstellung	50	40
23.2	Dämpfgruben	100	40
23.3	Sägegatter	200	60
23.4	Arbeiten an der Hobelbank, Leimen, Zusammenbau	300	80
23.5	Schleifen, Lackieren, Tischlerei	750	80
23.6	Arbeiten an Holzbearbeitungsmaschinen, z. B. Sägen, Fräsen, Hobeln	500	80
23.7	Auswahl von Furnierhölzern, Holzeinlegearbeiten	750	90
23.8	Qualitätskontrolle	1000	90

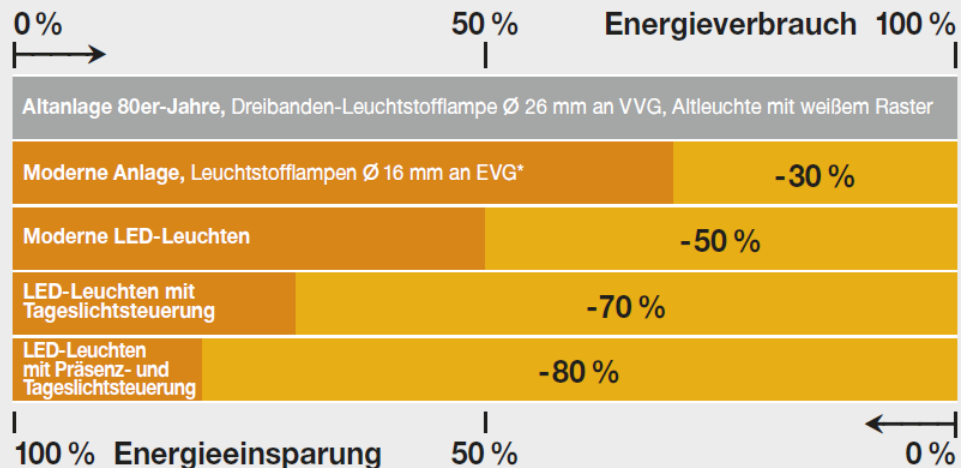


Beleuchtung

Einsparpotential 20 - 25 %

- Austausch von alten Leuchtstoffröhren gegen LED-Technik.
- Regelmäßige Reinigung des gesamten Beleuchtungssystems.
- Farben der Wände und Decken möglichst hell wählen und ebenfalls sauber halten.

Sparpotenziale Innenbeleuchtung



Beispiel für 2-Achs-Büro

* Leuchtstofflampen mit geringer Verlustleistung, Leuchten mit moderner Lichtlenktechnik.

@ licht.de

19

© licht.wissen 05: Industrie und Handwerk;

URL: https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1803_lw05_Industrie_und_Handwerk_web.pdf;

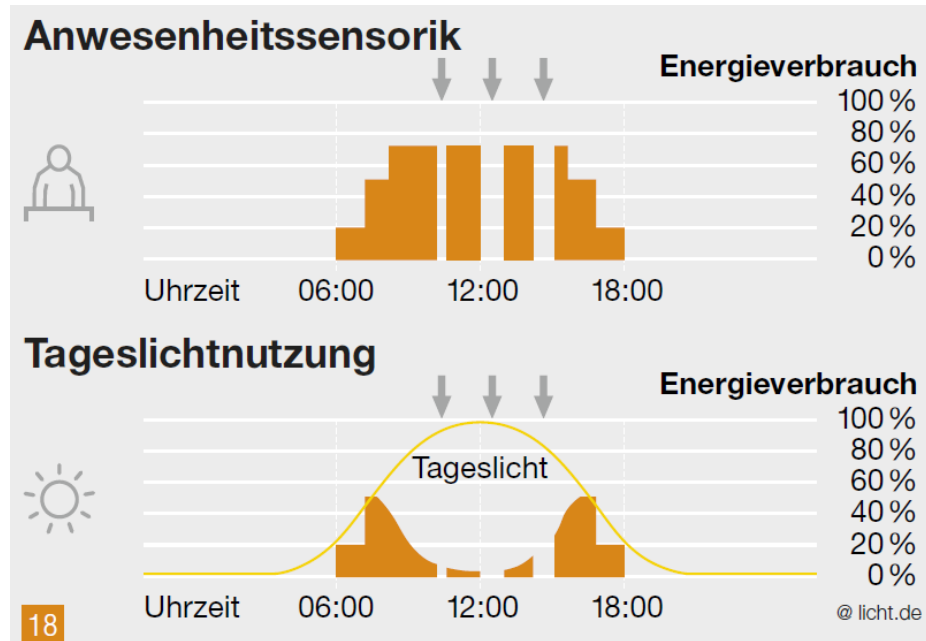
31.12.2022, 20:58



Beleuchtung

Einsparpotential 20 - 25 %

- Tageslichtnutzung und Tageslichteinfall erhöhen (z. B. Lichtband im Firstbereich, Fensterflächen).
- Bei genügend Tageslicht künstliche Beleuchtung ausschalten bzw. tageslichtabhängig steuern.
- Konsequentes Ausschalten der Beleuchtung nach Verlassen des Arbeitsplatzes oder Einbau einer bedarfsgerechten Schaltung bei wenig genutzten Räumen (z. B. Bewegungsmelder, Zeitschaltuhren).



© licht.wissen 05: Industrie und Handwerk; URL:

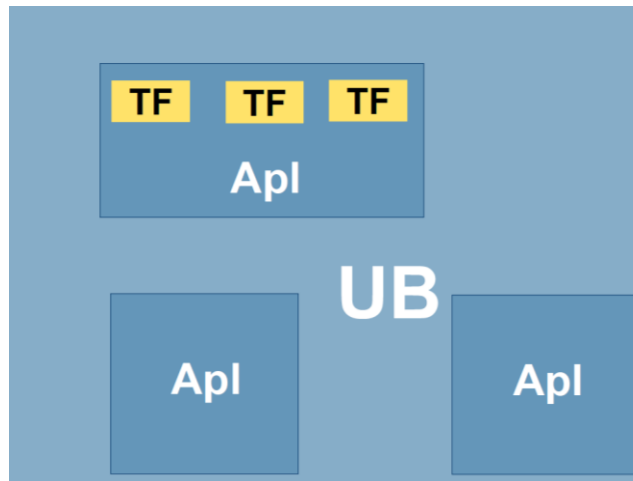
https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1803_lw05_Industrie_und_Handwerk_web.pdf
31.12.2022, 20:58



Beleuchtung

Hinweise für die Beleuchtungsplanung¹⁾

- Beleuchtung und Beleuchtungsstärken je nach Sehaufgabe zonieren, bspw. Unterscheidung in Arbeits- und Umgebungsbereiche, Lagerflächen und Verkehrswege und ggf. getrennt schalten.
- Ausrichtung der Arbeitsplätze rechtwinklig zur Fensterfront und parallel zu den Leuchten.



Prinzipische Skizze zur Aufteilung einer Arbeitsstätte in zu beleuchtende Bereiche, wobei zu große Helligkeitsunterschiede zu vermeiden sind (ASR A3.4¹⁾);
Apl = Bereich des Arbeitsplatzes, TF = Teilfläche, UB = Umgebungsbereich

© Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 Beleuchtung;

URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-4.html>;
31.12.2022, 20:40



Beleuchtung

Hinweise für die Beleuchtungsplanung in der Holzbe- und Holzverarbeitung²⁾

Typische Arbeitsbereiche im Tischlerhandwerk, die unterschiedliche Beleuchtungsstärken und Beleuchtungsqualitäten erfordern, z. B. hinsichtlich Farbwiedergabe, Staub- und/oder Explosionsschutz:

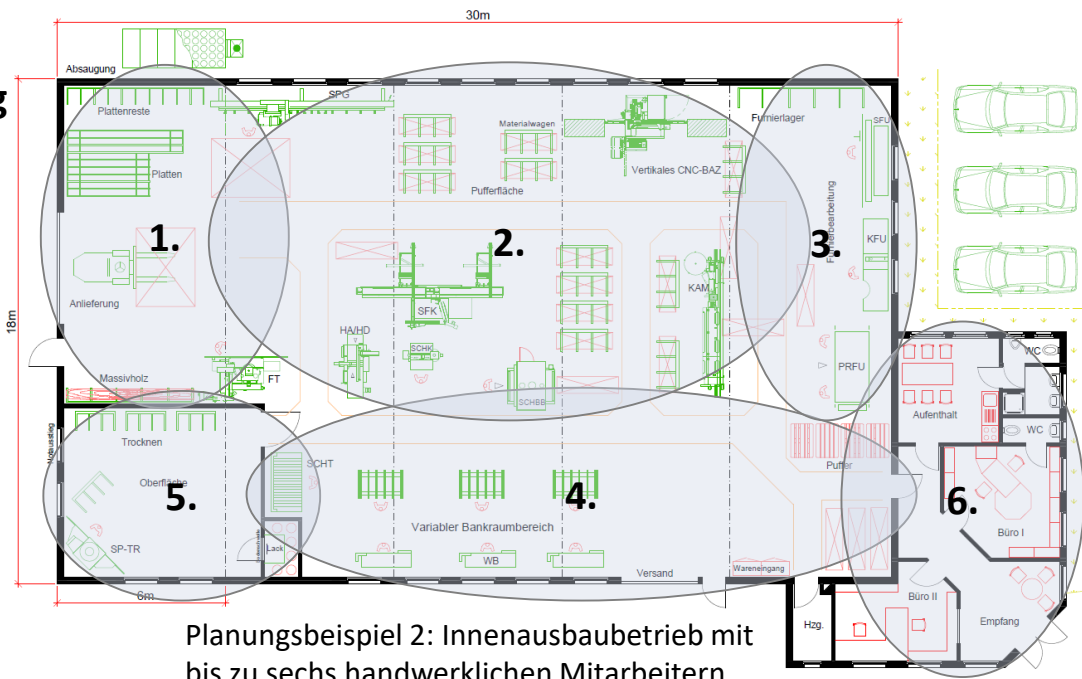
- An- und Auslieferung, Laderampe
- Lager (Platten, Holz, Beschlag, Furnier)
- Grobe Holzbearbeitung
- Feine Holzbearbeitung
- Lackierung
- Qualitätsprüfung und Endkontrolle
- Planung und Arbeitsvorbereitung
- Allgemeinbeleuchtung
- Not- und Sicherheitsbeleuchtung



Beleuchtung

Zonierungsvorschlag für die Beleuchtung

- An- und Auslieferung, Laderampe
- Lager (Platten, Holz, Beschlag, Furnier)
- Grobe Holzbearbeitung
- Feine Holzbearbeitung
- Lackierung
- Qualitätsprüfung und Endkontrolle
- Planung und Arbeitsvorbereitung
- Allgemeinbeleuchtung
- Not- und Sicherheitsbeleuchtung





Beleuchtung

Hinweise für die Beleuchtungsplanung in der Holzbe- und Holzverarbeitung²⁾

- Staub- und Explosionsschutz der eingesetzten Leuchten überprüfen und ggf. nachbessern oder austauschen; Explosionsschutzdokument erstellen.³⁾
- Sägeblätter, Fräsköpfe und Bohrer müssen gut erkannt und starke Schattenbildung oder Reflexe auf metallischen Flächen vermieden werden.
- Stroboskopeffekte können durch Beleuchtung mit niederfrequent gepulstem Licht (< 2 kHz) auftreten und rotierende Teile stillstehend erscheinen; ggf. zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen ergreifen.
- In Räumen oder Bereichen mit brennbaren Stäuben oder Fasern sind mit „D“ (für „Dust“) gekennzeichnete Leuchten mit dem Schutzgrad IP5X „staubgeschützt“ oder IP6X „staubdicht“ einzusetzen.⁴⁾ Diese eignen sich jedoch nicht für (staub-)explosionsgefährdete Bereiche, weil „Ex“-Leuchten gesondert geprüft, zugelassen und entsprechend der Zonen-Einteilung auszuwählen sind.



Maschinen und Werkzeuge

Anteil am Gesamtstromverbrauch 27 %

- Holzbearbeitungsmaschinen in Tischler- und Schreinerwerkstätten benötigen ca. 27 % des Strombedarfs.

Einsparpotential 5 %

- Beim Neukauf von Maschinen auf den Wirkungsgrad der Antriebe (IE3 oder IE4), die Dimensionierung im Hinblick auf die tatsächlich benötigte Leistung, auf Transmissionsverluste (Direkt-, Flach-, Keil- oder Zahn-riemenantriebe), regelbare Frequenzumformer und Drehzahlsteuerung, Druckluft- und Wärmebedarf sowie auf das notwendige Absaugvolumen achten.



©.HwK Koblenz

Wann ist der richtige Zeitpunkt gekommen, um eine Maschine auszutauschen? Tischlereistandardmaschinen erreichen teilweise ein Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren, weil manche von ihnen auch nur 100 bis 200 Stunden pro Jahr laufen...



Maschinen und Werkzeuge

Einsparpotential 5 %

- Scharfe Werkzeuge verringern die Leistungsaufnahme des Antriebmotors, verbessern die Bearbeitungsqualität, vermindern die Staubbelastung und erhöhen die Arbeitssicherheit.
- Optimierung der Arbeitsabläufe und Verringerung von Leerlaufzeiten spart Energie und Zeit (bspw. Aufheizzeiten an der Kantenanleimmaschine oder Furnierpresse nicht unnötig ausdehnen).
- Bedarfsgerechte Zu- und Abschaltung einzelner Motoren, kompletter Maschinen sowie der dazugehörigen Absaug- und Druckluftanlagen (bzw. Teile von Druckluftnetzen)
- Faustregel:
„Bei einem Stillstand, der länger ist als das 5-fache der Anlaufphase, lohnt es sich, auszuschalten!“



Maschinen und Werkzeuge

Einsparpotential 5 %

- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung (inkl. Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG und Sicherheitsprüfung elektrischer Anlagen nach § 5 DGUV 3) verlängern die Lebenszeit der Maschinen, verkleinern das Ausfallrisiko und können auch die elektrische Leistungsaufnahme der Motoren verringern (lose Kontakte, schwergängige Stellteile, Schlupf an Keilriemen oder defekte Lager werden entdeckt und instandgesetzt usw.).
- Eine damit verbundene persönliche Zuständigkeit einzelner Mitarbeiter*innen erhöht ebenfalls die Wahrscheinlichkeit, Fehler frühzeitig zu erkennen und fachgerecht beheben zu können.
- Diese zuständigen Mitarbeiter*innen können an „ihren“ Maschinen die betrieblichen Ausbildung und die Gefährdungsbeurteilung sowie die sicherheitstechnische Unterweisung der Kolleg*innen und Auszubildenden durchführen.



Maschinen und Werkzeuge

Einsparpotential 5 %

- Lagerversagen stellen neben Überlastung, Verschmutzung und Korrosion die Hauptursache für Motorversagen dar. Falls sie nicht zur rechten Zeit entdeckt werden, können sie zur Überhitzung führen und die Isolierung zerstören oder dem Motor irreparable mechanische Schäden zuführen. Daher sollten immer die Herstellerinformationen bezüglich der Schmierung befolgt werden.¹⁾
- Motoren gegen hohe Erwärmung und Überhitzung schützen. Jede Temperaturerhöhung um 10 °C in der Betriebstemperatur verkürzt die Lebensdauer um die Hälfte.¹⁾
- Besteht die Gefahr von Staubablagerungen, sollten geeignete Vorkehrungen (Hauben, Schutzdächer, Umhüllungen) getroffen werden, um das Brandrisiko zu verringern.²⁾



Maschinen und Werkzeuge

Einsparpotential 5 %

- Der Austausch einzelner Antriebe durch hochenergieeffiziente Elektromotoren mit IE3- oder IE4-Klassifizierung kann 2 bis 5 % elektrische Energie einsparen.
- Der Kaufpreis einer neuen Maschine macht im Verhältnis zu den laufenden Energiekosten häufig nur einen Bruchteil aus.
- Die elektrische Leistungsaufnahme an den Bearbeitungsaggregaten ist durch den gleichzeitigen Druckluftbedarf und die Absaugung ggf. sogar zu verdoppeln:
7,5 kW x 500 Betriebsstunden/Jahr x 20 Jahre
x Faktor 2 (für Druckluft und Absaugung) = 150.000 kWh



Lebenszykluskosten IE3-Elektromotor, 11 kW, 4.000 h, 15 Jahre (nach Almeida, et.al, 2008)

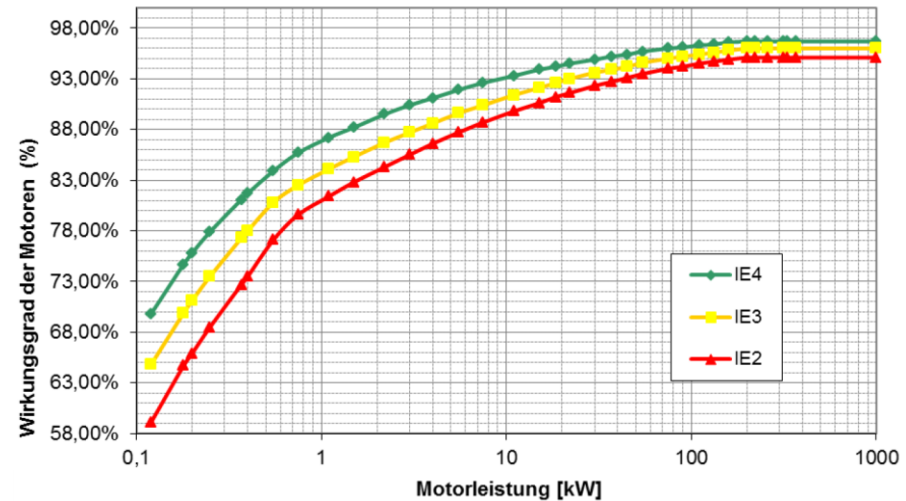
© IEA 4E: Electric Motor Systems - Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren, Wien 2014; URL: https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/iea_4e_energieeffizienz_leitfaden_fuer_emotoren.pdf; 23.12.2022, 14:20



Maschinen und Werkzeuge

Einsparpotential 5 % (Fortsetzung)

- Bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten eines IE3-Elektromotors entfallen ca. 2 % der Kosten auf Anschaffung, 1 % auf Wartung bzw. Reparatur und 97 % auf laufende Stromkosten.¹⁾
- Ein verbesserter Wirkungsgrad von 2 % (IE3 zu IE2) oder sogar 5 % (IE3 zu IE1) sorgen für Energieeinsparungen in der selben Höhe.¹⁾
- Kurze Amortisationszeiten sprechen häufig gegen eine Reparatur (bspw. alten Motor neu wickeln) und für den kompletten Austausch.¹⁾



Wirkungsgradanforderungen für Elektromotoren (am Beispiel eines 4-poligen Wechselstrom-Motors) lt. IEC Standard 600034-30, 2014

© IEA 4E: Electric Motor Systems - Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren, Wien 2014; URL: https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/iea_4e_energieeffizienz_leitfaden_fuer_emotoren.pdf; 23.12.2022, 12:43



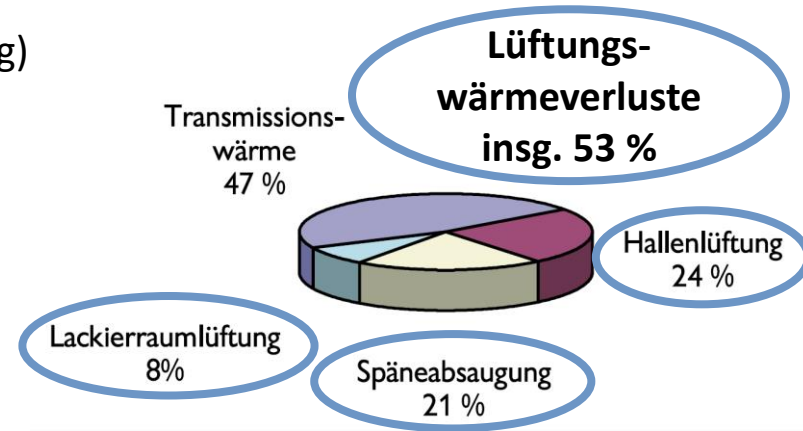
Gebäudehülle und Raumnutzung

Anteil am Gesamtwärmeverbrauch 71 %

(47 % Transmissionswärmeverluste plus 24 % Hallenlüftung)

Der Wärmebedarf (Wärmeverlust) ist abhängig:

- Wärmedämmstandard des Gebäudes (Wände, Decken, Böden, Fenster, Türen und Tore).
- Energieeffizienz der Heizungstechnik.
- Undichtheiten der Gebäudehülle und unkontrollierte Lüftung, bspw. durch offene Hallentore im Winter.
- Zusätzliche Lüftungswärmeverluste durch die Späne- und Spritznebelabsaugung beim Tischler und Schreiner.



Heizwärmebedarf einer Tischlerei

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002:

Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;

URL: [https://docplayer.org/19354229-Energiearme-](https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html)

[betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html](https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html); 23.12.2022, 17:06



Gebäudehülle und Raumnutzung

Anteil am Gesamtwärmeverbrauch 71 %

Wärmeverlusten stehen Wärmegewinne gegenüber:

- Solare Wärmegewinne über Fensterflächen und Oberlichter.
- Abwärme von ungedämmten Heizungsrohren, Kompressoren, Motoren, Maschinen, Heizelementen bspw. Kantenanleimer oder Furnierpresse
- Abwärme von Beleuchtung, EDV, Rechner, Server und Kopierer.

...sind in der Regel vernachlässigbar und spielen bei der Auslegung der Heizungsanlage keine Rolle, bis auf die Wärmerückgewinnung aus Lackierung, Absaugung, Drucklufterzeugung oder ggf. BHKW.

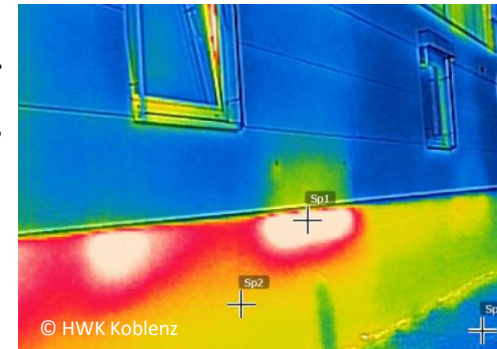
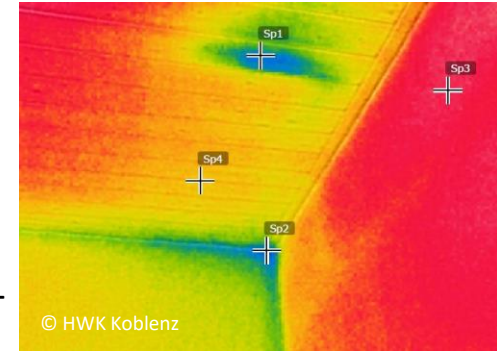
- Gegen sommerliche Überhitzung (Werkstatt und Büro) werden Beschattungs-, Klima- und Luftbefeuchtungsanlagen oder eine Betonkernaktivierung eingesetzt, ...
- ... die aber allesamt weitere elektrische Energie zur Kühlung benötigen (ggf. mit Photovoltaik)!



Gebäudehülle und Raumnutzung

Einsparpotential 25 - 40 % – Winterlicher Wärmeschutz

- Dämmung der Gebäudehülle (Außenwand, Dach, Decke über unbeheiztem Keller); Beseitigung von Undichtheiten in der Gebäudehülle (ggf. Blower-Door-Messung durchführen); mit Hilfe einer Thermographie-Kamera lassen sich Wärmebrücken finden und sichtbar machen.
- Erneuerung der Fenster (bzw. Austausch der Verglasung), Türen und Tore.
- Einbau von schnell schließenden Roll- oder Sektionaltoren mit Schlupftür, mit guten thermischen Eigenschaften und mit hoher Luftdichtheit.
- Im Innenbereich ggf. Schnelllauftore einsetzen, um unterschiedlich beheizte Zonen gegeneinander abzugrenzen.



Thermographie-Aufnahmen
von außen und innen.



Gebäudehülle und Raumnutzung

Einsparpotential 25 - 40 % – Sommerlicher Wärmeschutz

- Ausrichtung großer Fensterflächen nach Norden.
- Außenbeschattung durch technische Anlagen oder Bepflanzung und Bäume.
- Klimaanlage möglichst mit regenerativer Energie betreiben (bspw. eigene Photovoltaikanlage).
- Für Luftbefeuchtung und Zerstäubung pumpenbasierte Systeme und keine Druckluft verwenden (siehe schlechter Wirkungsgrad bei der Druckluftherzeugung); Vorteile der Luftbefeuchtung:
 - Reduktion der Staubbelastung und Brandgefahr,
 - Verringerung von elektrostatischen Aufladung,
 - Verhinderung von Rissbildung und Formänderung des Holzes und
 - Kühleffekt im Sommer (benötigte Verdunstungswärme wird aus dem Raum bezogen).



Gebäudehülle und Raumnutzung

Einsparpotential 25 - 40 % – Thermische Zonierung

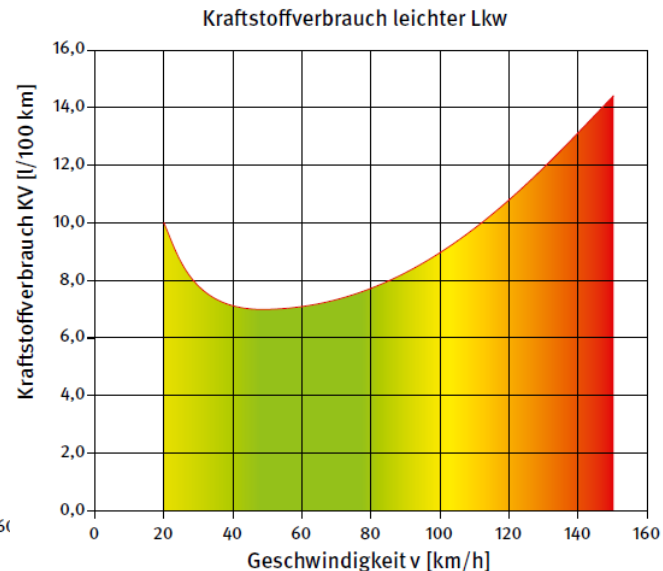
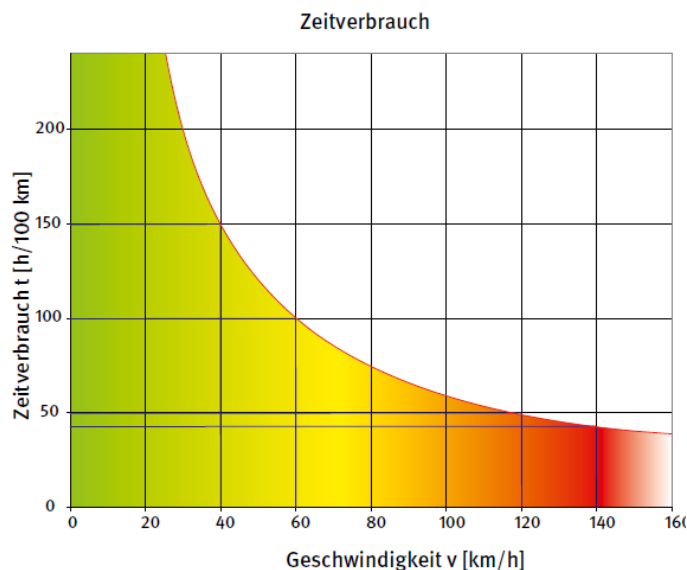
- Betriebsgebäude und Heizkreisläufe baulich möglichst so unterteilen, dass eine thermische Zonierung entsprechend der Raumnutzung möglich ist.
- In Absprache mit den Mitarbeitern in den einzelnen Zonen die Temperaturen absenken bzw. anpassen (Lager, Werkstatt, Lackierung, Zusammenbau, Büro, Sozialräume, Ausstellung).
- Holz- und Plattenlager nicht unter 12 Grad abkühlen, weil sonst starke Schwankungen der Holzgleichsfeuchte beim Treppen-, Möbel- und Innenausbau Probleme verursachen.
- An kalten Plattenkanten kühlt der Klebstoff zu schnell ab, sodass Fehilverleimungen auftreten.
- In gut geheizten Werkstätten besteht im Winter die Gefahr der Übertrocknung von Massivhölzern.
- Auch Leime, Lacke, Kleb- und Dichtstoffe nicht unter 12 Grad abkühlen!



Mobilität und Fahrzeuge

Einsparpotential 5 - 10 %

- Mitarbeiter zu treibstoffsparender Fahrweise anleiten und motivieren; bspw. mit Fahrsicherheitstraining kombinieren.
- Fahrzeiten realistisch kalkulieren und ggf. ein „Tempolimit“ anordnen.



Hohe Geschwindigkeiten machen sind auch wirtschaftlich unsinnig, weil der Kraftstoffverbrauch überproportional stark ansteigt.

© DGUV Information 214-083 Der sicherheits-optimierte Transporter;

URL: <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/2948/der-sicherheits-optimierte-transporter>; 07.01.2023, 17:16



Mobilität und Fahrzeuge

Einsparpotential 5 - 10 %

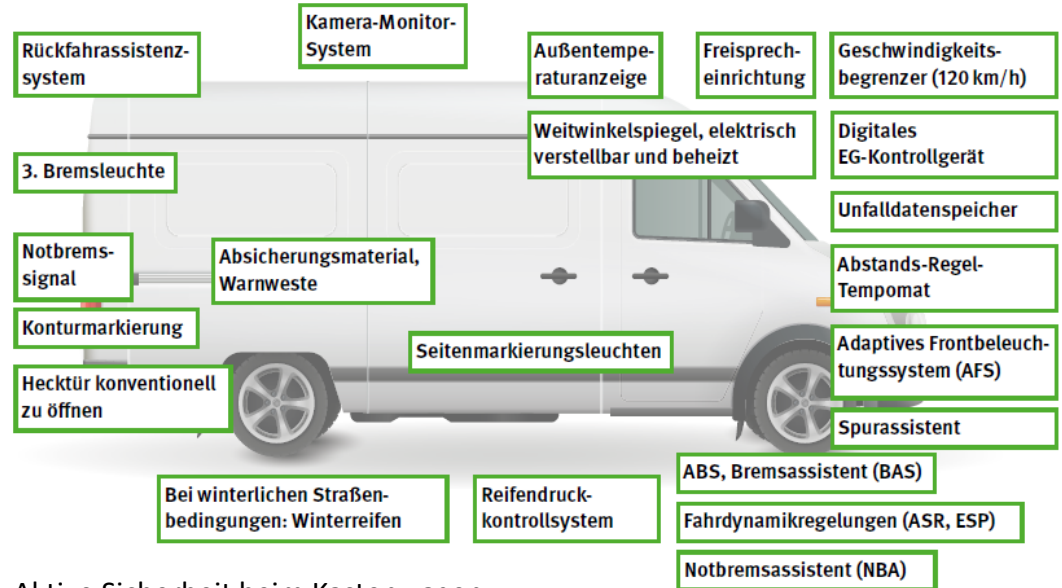
- Reifendruck der Fahrzeuge regelmäßig kontrollieren; regelmäßige Wartung der Fahrzeuge.
- Bei Neuanschaffungen auf energieeffiziente und alternative Antriebstechniken achten (Hybrid, Wasserstoff, Elektro, ggf. in Verbindung mit eigener Ladestation und firmeneigener PV-Anlage).
- Unnötige inner- und außerbetriebliche Transporte sowie doppelte Baustellen-Anfahrten wegen fehlender oder vergessener Teile vermeiden (Ladelisten benutzen, Vorkommissionierung).
- Eine optimierte betriebliche Logistik reduziert die Anzahl benötigter Fahrten, die gefahrenen Kilometer, den Kraftstoffverbrauch und somit auch den CO₂-Ausstoß und die Kosten.
- In Abhängigkeit von Entfernung, Transport- und Laderaumvolumen unterschiedliche Fahrzeuggrößen wählen und ggf. mit Anhänger kombinieren.
- Lasten-E-Bikes im innerstädtischen Verkehr einsetzen und private E-Bike-Nutzung fördern.



Mobilität und Fahrzeuge

Einsparpotential 5 - 10 %

- Überladung der Fahrzeuge durch überflüssige Werkzeuge und Materialien vermeiden.
- Mindestausstattung der Baustellenfahrzeuge mit Werkzeug- und Materialsortimenten festlegen.
- Selten benötigte Werkzeuge und Materialien auftragsbezogen kommissionieren und jeweils zuladen.
- Gewichtsreduktion spart Treibstoff und verringert den Verschleiß.



Aktive Sicherheit beim Kastenwagen

© DGUV Information 214-083 Der sicherheits-optimierte Transporter;

URL: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2948>; 27.12.2022, 10:48



Mobilität und Fahrzeuge

Einsparpotential 5 - 10 %

- Zweckmäßige und geprüfte Einbauten und Regalsysteme verwenden.
- Ladungssicherung schützt die Transportgüter vor Beschädigungen und vermeidet dadurch doppelte Anfahrten sowie doppelten Material- und Energieverbrauch für die Nachbesserungsarbeiten.



Ladungssicherung beim Kastenwagen

© DGUV Information 214-083 Der sicherheits-optimierte Transporter;

URL: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2948>; 27.12.2022, 10:48



Organisation und Controlling

Nutzerverhalten

- Belegschaft für den sparsamen Umgang mit Energie sensibilisieren, motivieren und schulen; Inhaber*in und Geschäftsführung haben dabei eine Vorbildfunktion!
- Informationen gemeinsam mit den Mitarbeiter*innen beschaffen, analysieren, Maßnahmen planen und gemeinsam umsetzen; betriebliches Vorschlagswesen; andere „Leuchtturm“-Betriebe besuchen, Erfahrungen austauschen und sich inspirieren lassen. Dokumentierte Modellbetriebe sind unter <https://www.energieeffizienz-handwerk.de/werkzeugkoffer/303/tischler> zu finden.
- Auswahl einer verantwortlichen Person, die/der auf den Energieverbrauch achtet und regelmäßig die Kennzahlen ermittelt und kommuniziert.
- Rückmeldung über erzielte Einsparungen erhöht die Motivation (Infotafel oder Bildschirm); Energiekennzahlen und kleine Berichte über erfolgreiche Energieeinsparungen eignen sich auch dafür, um sie extern zu kommunizieren und tragen zu einem positiven Unternehmensimage bei.



Organisation und Controlling

Energiebeschaffung

Günstige (Alt-)Lieferverträge laufen u. U. aus und dann – wenn keine anderen Angebote zur Verfügung stehen – ist das Unternehmen auf (sehr) teure Ersatzlieferung des örtlich zuständigen Energieversorgungsunternehmens angewiesen.

- Günstige Rahmen- oder Sammelverträge von Kreishandwerkerschaften, Innungen oder Fachverbänden in Anspruch nehmen.
- Bei einem leistungspreisabhängigen Stromvertrag eine Analyse des elektrischen Lastganges erstellen lassen; möglichst Tages-, Wochen- und ggf. Monatslastgänge erfassen und Möglichkeiten zur Vertragsanpassung, Energierationalisierung und Kostensenkungen eruieren.
- Durch eine Reduktion bzw. Optimierung der Leistungsspitzen oder Verlagerung der Spitzen in lastschwächere Zeiten, lassen sich unter Umständen weitere Kosten einsparen.



Organisation und Controlling

Energieverbrauchsanalyse und Lastmanagement

Die regelmäßige Dokumentation und Auswertung von Energieverbrauch und Energiekosten zur Kennzahlenermittlung machen Schwachstellen deutlich und bilden eine gute Grundlage für die strategische Planung weiterer Energieeffizienzmaßnahmen; siehe www.energie-tool.de.

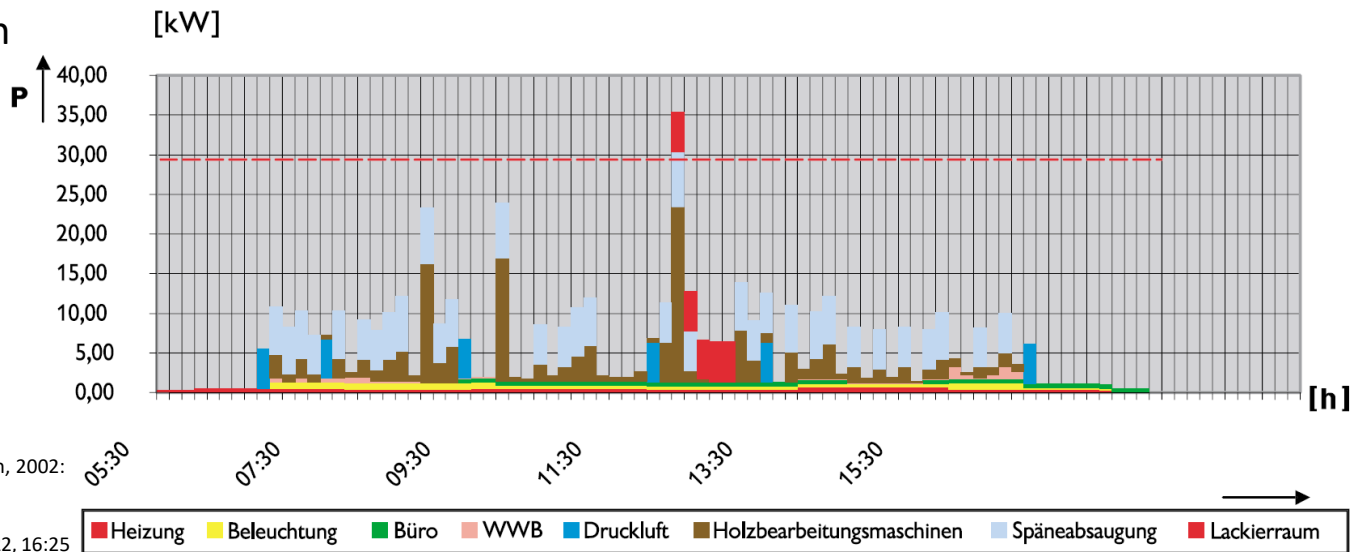
- Verbrauchsanalyse erfasst die Höhe des Verbrauchs einzelner Bereiche oder Maschinen (Lastgang).
- Zur Erfassung des Strombedarfs im Verlaufe eines Tages, eines Monats oder eines Jahres dient ein Lastgangdiagramm, das beim Stromversorger angefordert werden kann.
- Werden bspw. in der Tischlerei die Maschinen morgens oder nach der Mittagspause zeitversetzt in Betrieb genommen, sinken die Lastspitzen.
- Je nach Vertrag des Stromanbieters, können durch das Kappen der Leistungsspitzen die Stromkosten reduziert werden.



Organisation und Controlling

Energieverbrauchsanalyse und Lastmanagement

- Gleichzeitiges Einschalten der Maschinen führt zu hohen Lastspitzen.
- Lastmanagement führt nur zur Kostenreduktion, aber nicht zu Energieeinsparungen!

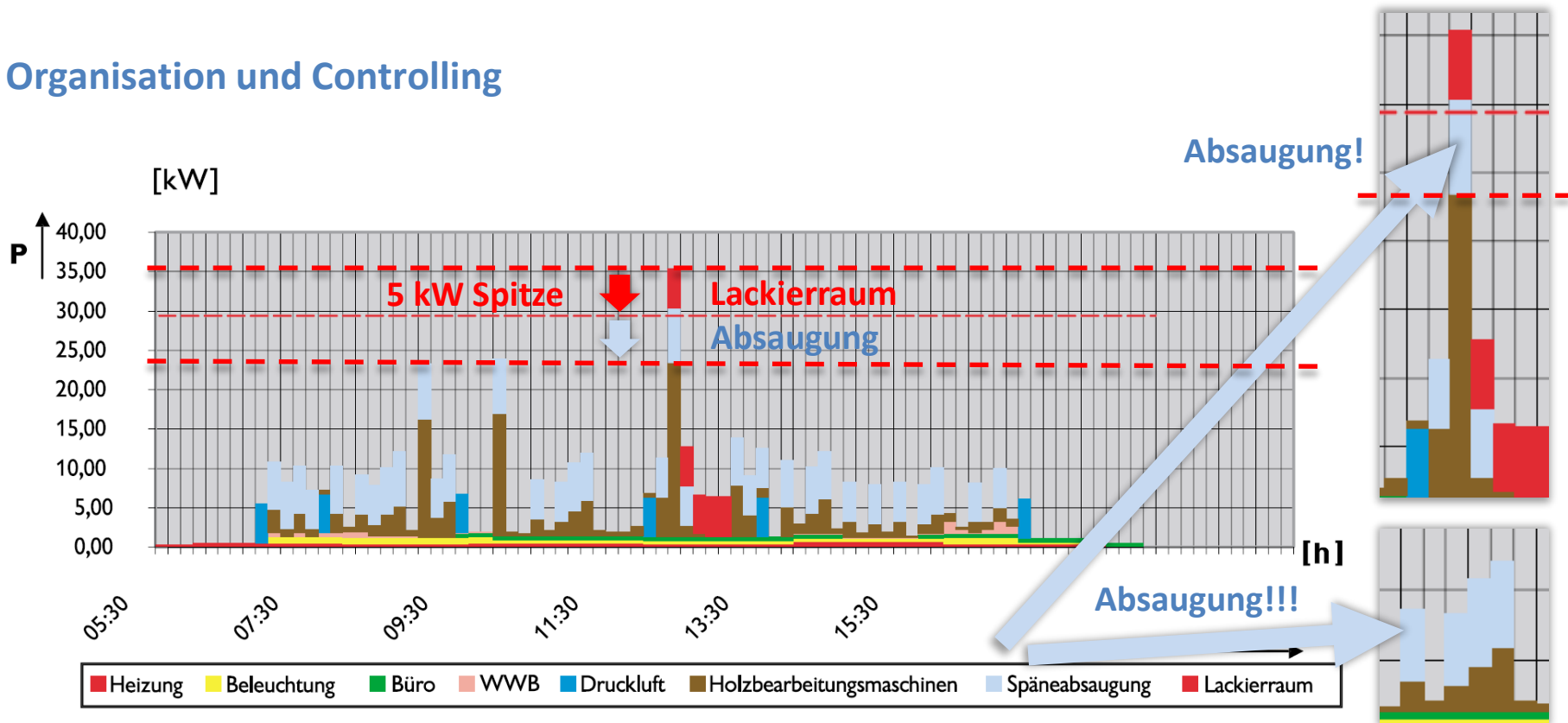


Lastgangdiagramm einer Tischlerei

© Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002:
Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk;
URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>; 23.12.2022, 16:25



Organisation und Controlling





Organisation und Controlling

Energieberatung

Im Alltagsgeschäft fehlt häufig die Zeit, für eine genaue energetische Analyse sowie die Entwicklung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Deshalb kann die Einbindung externer Energieberater*innen hilfreich sein.

- Sie kommen in das Unternehmen und führen zunächst eine Ist-Analyse durch, differenziert nach Gebäudeenergieberatung und Energieeffizienzberatung für Maschinen und Anlagen, schlagen wirksame Verbesserungen vor, beurteilen die Wirtschaftlichkeit und geben Hinweise auf Fördermittel.
- Auch die Energieberatung selber ist förderfähig. Deshalb rechtzeitig Informationen über die zur Verfügung stehenden Programme einholen und auch hierbei unterscheiden nach Gebäudeenergieberatung und Energieeffizienzberatung (für Maschinen und Anlagen).



Organisation und Controlling

Kennzahlenbildung und Vergleich

Die interne Kennzahlenbildung und Auswertung ermöglichen auch den Vergleich mit Branchekennzahlen (siehe <https://www.energie-tool.de>); eine einfache Variante basiert auf folgenden Angaben:

Ermittlung der Jahresenergiekosten und Energiemengen		Euro	Menge	kWh	Bemerkungen
Elektrischer Strom	fremdbezogen, öffentliches Netz				
	eigene Erzeugung (z. B. PV-Anlage, BHKW)				
Zwischensumme 1					
Heizwärme	Erdgas, Heizöl				
	eigene Holzreste, sonstige Brennstoffe				
Zwischensumme 2					
	Treibstoffe, Energie für Fahrzeuge				
Kosten, Mengen					



Organisation und Controlling

Kennzahlenbildung und Vergleich

Aus den obigen Angaben sind folgende Kennzahlen ableitbar

- Energieverbrauch (elektrisch) pro Mitarbeiter und der
- Energieverbrauch (thermisch) pro m² beheizte Betriebsfläche
- Bisherige Kennzahlen, die die Energiekosten als prozentualen Anteil vom Umsatz dargestellt haben, sind angesichts der Preiserhöhungen ab 2022 nicht mehr aussagekräftig.

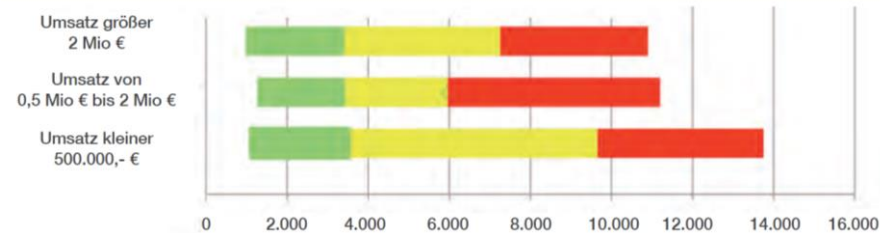
In den folgenden Graphiken der Bundesinnung der Tischler und der Holzgestaltenden Gewerbe aus Österreich¹⁾ sind diese beiden Kennwerte in Abhängigkeit von der Umsatzgröße des Betriebes dargestellt und bewert- bzw. vergleichbar.



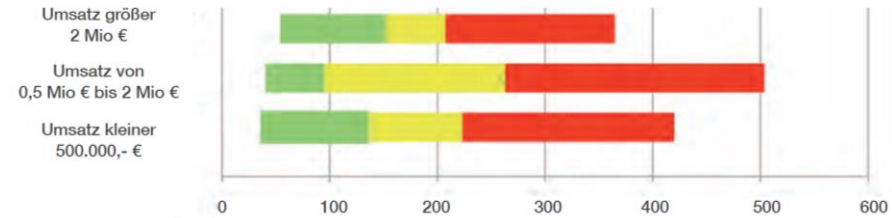
Organisation und Controlling

Kennzahlenbildung und Vergleich

Berechnung: $\frac{\text{Stromeinsatz in kWh}}{\text{Anzahl der Beschäftigten}}$



Berechnung: $\frac{\text{Wärme in kWh (Heizöl, Flüssiggas, Erdgas, Biomasse, Fernwärme)}}{\text{beheizte Betriebsfläche in m}^2}$



- Skala: Grün – Energie wird effizient eingesetzt, kein akuter Handlungsbedarf, Optimierung sicher möglich
 Gelb – Energieeinsparpotentiale mit großer Wahrscheinlichkeit vorhanden
 Rot – erhebliche Energieeinsparpotentiale vorhanden, analysieren und Maßnahmen umsetzen

© Bundesinnung der Tischler und der Holzgestaltenden Gewerbe in Österreich: ENERGIEEFFIZIENT - TISCHLER? JA!

URL: https://www.wko.at/service/umwelt-energie/ee_tischler_korr.pdf; 23.12.2022, 17:53



Organisation und Controlling

Kennzahlenbildung und Vergleich

Die Einordnung auf den obenstehenden Skalen ist allerdings in ihrer Aussagekraft beschränkt:

- Die Verhältnisse beim Stromverbrauch variieren stark in Abhängigkeit vom Fertigungsschwerpunkt und der Fertigungstiefe des jeweiligen Unternehmens (Handelswaren und Montagen).
- Der Wärmebedarf zum Ausgleich der Transmissionswärmeverluste (Gebäudehülle) hat sich während der letzten Jahre durch bessere Wärmedämmstandards ständig verringert.
- Im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP, Kaizen) ist es deshalb sinnvoll, die eigenen Zahlen und Kennwerte jährlich auszuwerten und zu vergleichen; aber selbst diese können starke Abweichungen enthalten, wenn bspw. in einem Jahr für einen Großauftrag im Winter viel lackiert werden musste (hoher Heizwärmebedarf aufgrund der Lüftungswärmeverluste), aber im nächsten Jahr fast gar keine Lackierarbeiten durchgeführt werden.

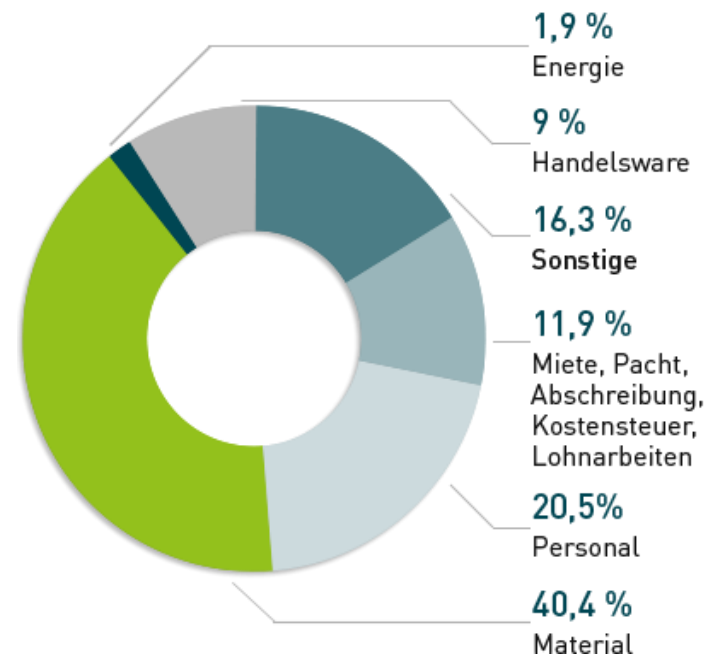


Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Material- und Personalkosten

Material- und Personalkostenanteile von jeweils 35 bis 45 % belasten die betriebliche Kostenstruktur im Tischlerhandwerk deutlich stärker als die Energiekosten. Deshalb würden sich diesbezügliche Einsparungen auch erheblich stärker bemerkbar machen. Die Innung der Tischler und Holzgestalter in Österreich nannte zum 31.12.2021 folgende Zahlen¹⁾:

- Personalkosten 40 %
- Materialkosten 35 %
- Sonstige Kosten 25 % (z. B. Steuern, Versicherungen, Abschreibungen und 1 bis 2 % Energiekosten)



Kostenstruktur im verarbeitenden Gewerbe
Quelle: Statistisches Bundesamt 2019

© Effizienz Agentur NRW

URL: <https://www.ressourceneffizienz.de/ressourceneffizienz/>; 22.12.2022, 17:16



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Einsparpotentiale

- Eine Verschnittoptimierung und Resteverwaltung beim Plattenzuschnitt reduzieren den Materialeinsatz und ggf. auch die Entsorgungskosten.
- Bei der Massivholzverarbeitung kann durch innerbetriebliche Standardisierung und bspw. Definition von drei Güteklassen der Verschnitt reduziert, die Resteverwertung erhöht und der Verkaufspreis gegenüber dem Kunden differenziert werden.



Plattenzuschnitt mit softwareunterstützter Verschnittoptimierung, wahlweise zur Minimierung von Zeit (und Energie) oder Verschnitt

© Aktion Modernes Handwerk e.V.

URL: <https://www.amh-online.de/bilddetail/?berufe=68&themen=&id=1230>; 22.12.2022, 17:23



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Einsparpotentiale

- Nur so viel Material bestellen, wie tatsächlich benötigt wird; nur Standardartikel werden bevorratet; spezielle Materialien werden auftragsbezogen bestellt (Kommission).
- Einführung einer Kanban-Lagersystematik: Basis ist ein rollierendes 2-Behältersystem, das C-Teile „Just-in-time“ bei reduzierten Lagerbeständen und geringstmöglicher Kapitalbindung bedarfsgerecht zur Verfügung stellt.
- Im Tischler- und Schreinerhandwerk sind die Systeme von Würth/ORSY, Paulus-Lager und Högemann/OrKan bekannt.



© HwK Koblenz

Lager- und Resteverwaltung mit Einsparpotential



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Einsparpotentiale

- Materialverbrauch durch Kennzahlen transparent machen!
- Optimierung und Standardisierung der (CAD-)Konstruktion führt zu material- und ressourcenschonendem Produktdesign und vereinfacht die Arbeitsabläufe in der Werkstatt, was wiederum Zeit und Energie einspart.
- Nicht nur technische, sondern auch organisatorische Verbesserungen können den Materialverbrauch verringern; Maßnahmen zur Qualitätssicherung vermindern Fehler und Ausschuss, sparen Material, Zeit und Energie für die Nachbesserung oder die erneute Herstellung.



Standardisierte Konstruktionen sparen Zeit, Material und Energie und sie vermindern das Fehlerrisiko

© Aktion Modernes Handwerk e.V.

URL: <https://www.amh-online.de/bilddetail/?berufe=68&themen=&id=1226>

22.12.2022, 18:12



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Einsparpotentiale

- Der Einsatz neuer Produktionstechnologien spart bspw. im Holzfensterbau bei der Umstellung von Schlitz-Zapfen-Verbindungen auf gekonterte Dübelverbindungen ca. 0,4 bis 0,5 lfm Rahmenlänge pro Element; die Herstellung einer gekonterten Eckverbindung dürfte aufgrund der deutlich kleineren Werkzeuge auch energiesparender sein.
- Mit Einführung eines CNC-Bearbeitungszentrums entfallen in der Regel viele einzelne, nachgelagerte Bearbeitungsschritte, wie das Fräsen von Probestücken, das Herstellen von Schablonen, das Einrüsten von jeweils speziellen Maschinen oder das nachträgliche Einfräsen von Beschlägen.



Das CNC-Plattenbearbeitungszentrum sägt, fräst und bohrt das Werkstück in einer Aufspannung

© Aktion Modernes Handwerk e.V.

URL: <https://www.amh-online.de/bilddetail/?berufe=68&themen=&id=1180>;
22.12.2022, 17:57



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Lebenszyklusanalyse und „Circular Design“

- Bei einer Lebenszyklusanalyse werden sämtliche Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung des Produktes sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Energiebedarf und CO₂-Emissionen) betrachtet.
- „Circular Design“ beschreibt einen umfassenden Gestaltungsansatz mit dem Ziel, die Umweltbelastungen von Produkten und Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu minimieren und darüber hinaus nachhaltige Geschäftsmodelle im Sinne einer „Circular Economy“ (Kreislaufwirtschaft) zu entwickeln.²⁾

CIRCULARDESIGN

- + Geschäftsmodelle
- + Lieferketten



ECODESIGN

- + umweltgerechte
Produkte

KLASSISCHE PRODUKTENTWICKLUNG

- wirtschaftlich
- funktional
- ästhetisch
- sicher
- linear

„Circular Design“ als Gestaltungsansatz für Produkte, Geschäftsmodelle und Lieferketten

© Effizienz Agentur NRW

URL: <https://www.ressourceneffizienz.de/ressourceneffizienz/>

22.12.2022, 18:03



Material-, Zeit- und Prozesseffizienz

Nachhaltigkeit – Die 2030-Agenda für nachhaltige Entwicklung

- Zielsetzung der 2030-Agenda der Vereinten Nationen mit ihren 17 Nachhaltigkeitsziele ist es, globale Entwicklung sozial, ökologisch und wirtschaftlich nachhaltig zu gestalten.
- Die 2030-Agenda und die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie schützen die ökologischen Lebensgrundlagen als Voraussetzung für soziale Stabilität und ökonomische Prosperität.
- Globale politische Ziele müssen auf die lokalen Bezüge eines handwerklichen Unternehmens heruntergebrochen werden, bspw. mittels konkreter Ziele und Termine, Kennzahlen und Indikatoren für Monitoring, Controlling und Steuerung sowie Festlegungen von Verantwortlichkeiten und Durchführung.

Die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen als Leitbild für konkretes betriebliches Handeln

© BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

URL: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/die-2030-agenda-fuer-nachhaltige-entwicklung>; 26.01.2023, 18:27

Siehe auch Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie des BMUV; URL: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie>; 30.01.2023, 12:05

Siehe auch Nachhaltigkeitsbericht 2022 der Schreinerei Pfisterer; URL: <https://www.schreinerei-pfisterer.de/schreinerei/>; 30.01.2023, 14:58



Ressourcen, Literatur, Links und Downloads

- Aktion Modernes Handwerk e.V.: Bilddatenbank; URL: <https://www.amh-online.de>
- BAuA Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; URL: https://www.baua.de/DE/Home/Home_node.html
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; URL: <https://www.bdew.de/> und <https://www.gewerbegas.info>
- BESSER LACKIEREN; URL: <https://www.besserlackieren.de>
- BGHM-Themenseiten „Holzstaubabsaugung“; URL: <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fach-themen/holz/holzstaubabsaugung/>
- BGHM-Themenseiten „Lackieren, Beschichten, Trocknen“;
URL: <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fach-themen/oberflaechenbehandlung/lackieren-beschichten-trocknen/>
- BOGE Druckluft Kompendium / Ratgeber Druckluft; URL: <http://www.drucklufttechnik.de>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA: Arbeitsstättenrichtlinien ASR; <https://www.baua.de/>
- Bundesinnung der Tischler und der Holzgestaltenden Gewerbe in Österreich: ENERGIEEFFIZIENT - TISCHLER? JA!
URL: https://www.wko.at/service/umwelt-energie/ee_tischler_korr.pdf
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz BMUV
URL: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/die-2030-agenda-fuer-nachhaltige-entwicklung>
- Bundesverband Holz und Kunststoff „Tischler Schreiner Deutschland“; URL: <https://www.tischler-schreiner.de/home/>
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV Information 214-083: Der sicherheits-optimierte Transporter;
URL: <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/2948/der-sicherheits-optimierte-transporter>
- Effizienz Agentur NRW; URL: <https://www.ressourceneffizienz.de/ressourceneffizienz>
- Energieinstitut der Wirtschaft GmbH: Effiziente Tischlerei; URL: https://www.energieinstitut.net/sites/default/files/tischler_dt_1905s.pdf



Ressourcen, Literatur, Links und Downloads

- Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV); URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/
- Fachverband Holz und Kunststoff Schleswig-Holstein, 2002: Energiearme Betriebsstätten im Tischlerhandwerk; URL: <https://docplayer.org/19354229-Energiearme-betriebsstaetten-im-tischlerhandwerk.html>
- IEA 4E: Electric Motor Systems - Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren, 2014; URL: https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/iea_4e_energieeffizienz_leitfaden_fuer_emotoren.pdf
- König, K.-D. Ribbrock, D., Wild, H.: Planung und Einrichtung von Tischler- und Schreinereibetrieben, Institut für Technik der Betriebsführung, 1999; URL: <http://www.ribbrock-online.de/index1.htm>
- Maschinenhändler für neue und gebrauchte Holzbearbeitungsmaschinen der eumacop- und GEWEMA-Kooperationen; URL: <https://eumacop.de/mitgliedsunternehmen/> und <https://gewema.de/fachhaendler/>
- Schreinerei Pfisterer: Nachhaltigkeitsbericht 2022; URL: <https://www.schreinerei-pfisterer.de/schreinerei/>
- Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 Beleuchtung; URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-4.html>
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 553 Holzstaub; URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-553.html>
- WOOD TEC PEDIA; URL: https://wtp.hoehsmann.com/de/lexikon/themenseite/11/ratgeber_kaufhilfen_und_praxistipps
- ZDH Zentralverband des Deutschen Handwerks; URL: <https://www.zdh.de/>
- ZVEI e.V. „licht.de“; <https://www.licht.de/de/lichtanwendungen/gebaeude/7-industrie-und-gewerbe>



Selbsteinschätzung

....keine....mittelfristige....dringende....Maßnahmen notwendig

	keine	mittelfristige	dringende	Maßnahmen notwendig
Staub- und Späneabsaugung	Green	Yellow	Red	
Lackierung	Green	Yellow	Red	
Druckluft	Green	Yellow	Red	
Heizung und Wärmeverteilung	Green	Yellow	Red	
Beleuchtung	Green	Yellow	Red	
Maschinen und Werkzeuge	Green	Yellow	Red	
Gebäudehülle und Raumnutzung	Green	Yellow	Red	
Mobilität und Fahrzeuge	Green	Yellow	Red	
Organisation und Controlling	Green	Yellow	Red	
Material-, Zeit- und Prozesseffizienz	Green	Yellow	Red	



www.energieeffizienz-handwerk.de

Persönlicher Kontakt:

(Name)

(Tel./Mobil)

(Mail)

Institution:

(Kammer, Verband, sonstiges)