

etz

elektrotechnik & automation

VDE

VERLAG

S2-S3/2020

www.etz.de

wöhner
ALLES MIT SPANNUNG

DER SCHMALSTE **TRENNER** DER WELT



QUADRON

Der NH-Sicherungs-Lasttrennschalter
Gr. 000 löst das Platzproblem
in jedem Installationsverteiler



TITELSTORY

Sicher schalten
und dabei Platz sparen

EINDEUTIG ZUORDNEN

Professionelle Beschriftung
von Elektroanlagen

EFFIZIENT ENTWÄRMEN

Energetische Analyse von
Produktionssystemen

Sonderausgabe: Alles für den Schaltschrankbau



Bild: Adobe Stock_m.mphoto

Die Verlustleistung muss in Schaltschrank effizient abgeführt werden, wenn man keine unliebsamen Überraschungen erleben will

Energetische Analyse von Produktionssystemen

Industrielle Produktionseinrichtungen haben mit rund 40 % einen signifikanten Anteil am Gesamtenergiebedarf in Deutschland. Daher wurden und werden sie sowohl technologisch als auch energetisch optimiert. Häufig geht die technologisch-wirtschaftliche Optimierung auch mit der Reduzierung des Energie- und Materialverbrauchs einher. Zudem macht der Ausbau der regenerativen Energiequellen die Energieerzeugung zunehmend volatil, sodass nicht nur die Senkung des absoluten Energieverbrauchs, sondern auch eine höhere Flexibilität (Steuerung der Leistung über der Zeit) zunehmend interessanter wird. Dadurch ändert sich oft die installierte Leistung sowie die Gestaltung der Verlustleistungsabfuhr, was die Dimensionierung von Anlagen, zum Beispiel von spanenden Werkzeugmaschinen, beeinflusst.

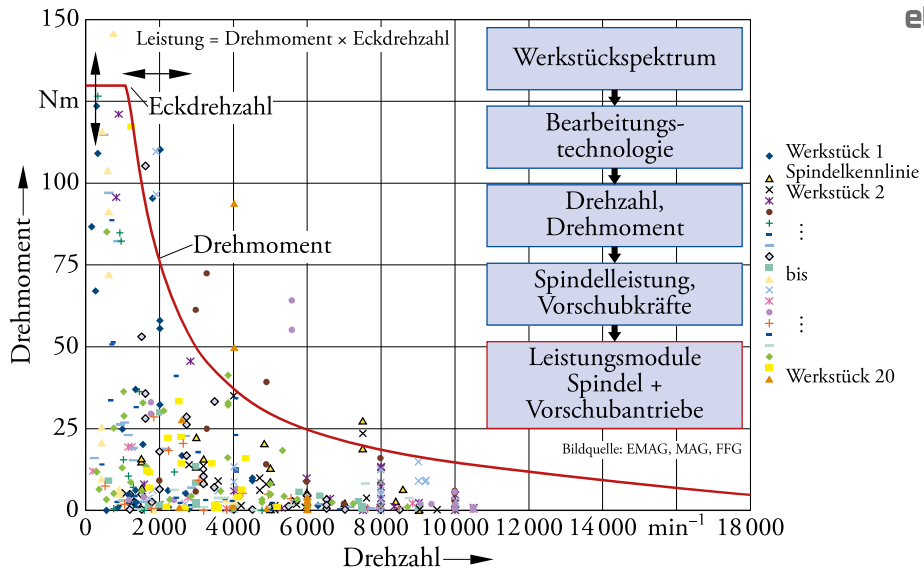
Text: Helmut Nebeling

Spanende Werkzeugmaschinen werden für ein definiertes Werkstückspektrum dimensioniert. Dabei leiten sich der Arbeitsraum, die Vorschubkräfte und die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie aus den typischen Schnittgeschwindig-

keiten und Werkzeugen/Technologien ab. Während bei der Gusseisen- und Stahlbearbeitung häufig das Drehmoment die relevante Kenngröße für die Auslegung ist, besitzt bei der Leichtmetallbearbeitung die Hochlaufzeit auf hohe Dreh-

zahlen eine dominierende Rolle. Auch die Verteilung der Werkstücke bezüglich der Maschinengattung ist unterschiedlich. Bei den in größeren Stückzahlen produzierten Bauteilen überwiegen bei Drehzentren die Stahl- (und Guss-)Bauteile, während bei Bearbeitungszentren sowohl Stahl-, Eisen- als auch Leichtmetallwerkstücke bearbeitet werden.

Ein Spektrum von Bauteilen mit der Verteilung der Drehzahl-Drehmoment-Punkte der einzelnen Bearbeitungsoperationen zeigt Bild 1. Dabei sind alle erforderlichen Bearbeitungsoperationen der Werkstücke dargestellt. Die Kennlinie der Hauptspindel kann durch Wahl eines entsprechenden Motors beeinflusst werden.



01 Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik einer Motorspindel: Bearbeitungsoperationen unterschiedlicher Werkstücke und Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie

Dabei ist eine Abstimmung der Bearbeitungs- und Vorschubkräfte der unterschiedlichen Bearbeitungsoperationen mit dem erforderlichen Drehmoment notwendig. Bei der

Technik. Wissen. Weiterwissen.

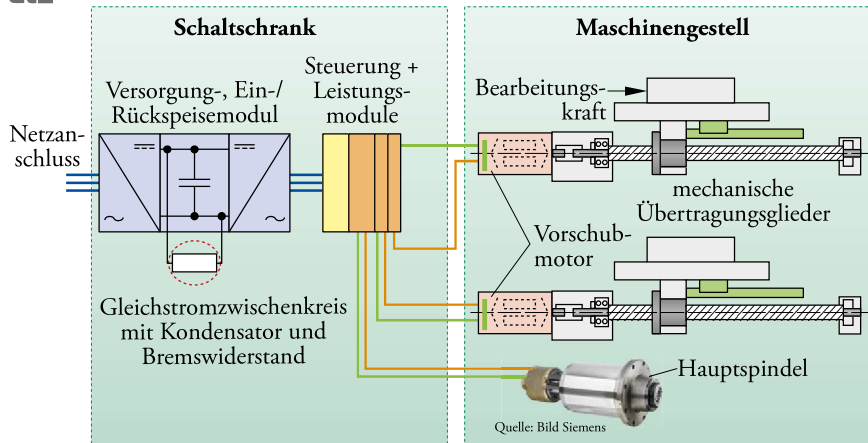
Mit Technikwissen sichergehen:
Geräteintegrierter Brandschutz für den Schaltschrank

Dieses Buch bietet Ihnen optimale Unterstützung bei der Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen – so auch von Schaltschränken – aus Sicht der Sach- und Brandschadenverhütung. Maßgebliche Normen, technische Regelwerke und gesetzliche Bestimmungen werden praxisnah dargestellt.

2018, 318 Seiten
 34,- € (Buch/E-Book)
 47,60 € (Kombi)

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/buecher/404736

etz



02 Typischer Aufbau der Antriebe bei spanenden Werkzeugmaschinen

dynamischen Auslegung sind die geforderten Beschleunigungs- und Bremszeiten sowie die maximalen Geschwindigkeiten/Drehzahlen zu berücksichtigen.

Aufbau der Maschine

Die Antriebe spanender Werkzeugmaschinen sind in der Regel als geregelte Systeme ausgeführt, bei denen der Drehstrom aus dem Versorgungsnetz zunächst gleichgerichtet wird. Ein Kondensator im Gleichstromzwischenkreis glättet die Spannung. Anschließend werden die Antriebe über hochfrequent getaktete pulsweitenmodulierte Ströme entsprechend der geforderten Geschwindigkeit/ Drehzahl versorgt. Als Antriebe kommen meist hochdynamische Synchron- oder Asynchronmotoren zum Einsatz. Die Versorgungs-, Leistungs- und Regelungsmodule befinden sich in der Regel im Schaltschrank einer Anlage, während die Motoren an den einzelnen Antrieben montiert werden (Bild 2). Die Pulsfrequenz typischer geregelter Antriebe liegt im Stromregler zwischen 8 kHz und 32 kHz. Höhere Taktfrequenzen erlauben eine genauere Regelung, erzeugen durch die häufigen Leistungsschaltungen aber auch höhere Verluste in den Leistungsteilen und Wicklungen.

Verlustleistungen in Werkzeugmaschinen

Grundsätzlich kommen in Werkzeugmaschinen (und anderen Produktionsanlagen) schon heute hocheffiziente Antriebe und Komponenten zum Einsatz. Auch im Komponentenbereich wurden in den vergangenen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Verluste zu reduzieren. Jedoch lassen sich elektrische Verluste sowie die Reibung zwischen mechanischen Komponenten nicht gänzlich vermeiden. Bild 3 zeigt unterschiedliche Stellen an denen Verlustleistung und damit Wärme auftritt. Dies sind zum einen die mechanischen Komponenten (zum Beispiel Lager, Kugelgewindetriebe, Führungen) der einzelnen Bewegungen. Zudem treten auch in den Motoren und an den Modulen des Schaltschranks Verluste auf. Vor allem ist zu verhindern, dass der Wärmeeintrag die Genauigkeit der Maschine beeinträchtigt.

Auch der Betrieb von Nebenaggregaten, wie Hydraulik und Kühlschmierstoffversorgung, führen zu Verlusten. Wäh-

rend früher häufig Konstantpumpen eingesetzt wurden, deren Überschuss über Druckbegrenzungsventile in den Tank gefördert wurde, kommen heute immer häufiger kennfeldgeregelte Pumpen (oder Pumpenantriebe) zum Einsatz. Bei der Hydraulik begrenzt die Abstimmung zwischen eingesetzter Pumpe und Speicher die installierte Leistung, was eine Abstimmung auf die jeweiligen Anwendungsfälle ermöglicht.

Bei der Analyse des Leistungsbedarfs von Produktionsanlagen werden die unterschiedlichen Aggregate der Anlage sukzessive eingeschaltet. Dabei wird jeweils am Netzanschluss gemessen, welche Leistung benötigt wird. Durch das sukzessive Zuschalten einzelner Aggregate und Betriebszustände lässt sich die Leistungsaufnahme der einzelnen Module mit guter Genauigkeit im realen Betrieb der Maschine ermitteln. Dadurch ergibt sich zunächst der energetische Grundverbrauch der Maschine ohne Bearbeitung. Durch die Messung der Leistungsaufnahme während der Bearbeitung werden die simulierten Leistungen mit dem realen Leistungsbedarf abgeglichen.

Effizient entwärmen

Im Schaltschrank entstehen durch elektrische Leistungselemente mit teilweise hoher Schaltrate Verluste. Teilweise wird auch heute noch die Bremsenergie der Maschinenachsen über Widerstände abgebaut. Allerdings kommen heute zunehmend rückspeisefähige Leistungsmodule zum Einsatz, die die Bremsenergie wieder dem Netz zuführen. Zudem sind Energiespeicher im Zwischenkreis oder Schwungradspeicher mit einem zusätzlichen Antrieb eine gute Alternative.

Die heutigen Leistungsmodule besitzen Wirkungsgrade von 96 % bis 99 %. Aber auch diese relativ geringen Verluste erwärmen den Schaltschrank. Bei installierten Gesamtleistungen im größeren zwei- bis dreistelligen kW-Bereich, liegen sie immerhin noch im unteren kW-Bereich.

Neben der internen Entwärmung, bei der Leistungsmodule die Verluste durch Luftzirkulation im Schaltschrank abführen, gibt es auch Leistungsmodule, die die Abwärme durch Konvektion an aus der Montageplatte herausstehende Kühlrippen abgeben (Bild 4). Eine dritte Alternative stellt

14.0 Innovation Award:

Mit Innovationen die Welt
bewegen und gewinnen.



**Jetzt
bewerben!**

Teilnahmebedingungen und Anmeldung:
www.openautomation.de/i40-award

Powered by:

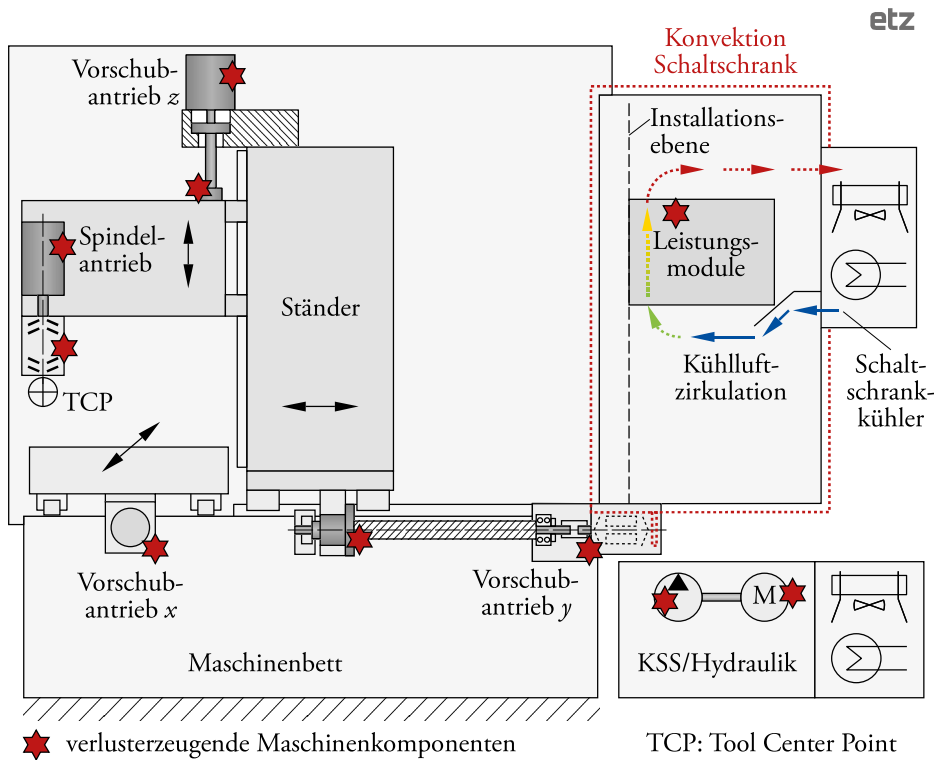
etz **open**
automation

DIGITAL FACTORY
JOURNAL

In Kooperation mit

ZVEI:
Die Elektroindustrie

 **STANDARDIZATION
COUNCIL
INDUSTRIE 4.0**



03 Stellen mechanischer, fluidischer und elektrischer Verluste in Werkzeugmaschinen

die sogenannte Cold-Plate dar, bei der die Leistungsmodule Verluste über eine aktiv gekühlte Metallplatte abgeben. Die vierte Möglichkeit stellt der Einsatz des Verdrahtungssystems Airstream von Lütze [1] dar. Die Luftkonvektion ist hierbei durch den Wegfall der Kabelkanäle besonders vorteilhaft.

Durch diese unterschiedlichen Varianten entstehen im Wärmehaushalt der Maschinen bzw. Fabrikhallen unterschiedliche Konstellationen. Die Temperatur im Schaltschrank darf aufgrund der darüber abnehmenden Leistung

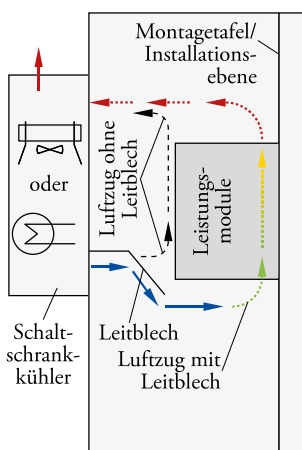
Wärmetauscher geleitet. Dieses Gerät kann außerhalb der Fabrikhalle positioniert sein, um die Abwärme aus der Fabrikhalle abzuführen und diese nicht zusätzlich aufzuheizen.

Zur Einsparung von Heizenergie besteht auch die Möglichkeit, dass die Abwärme der Maschine in der kalten Jahreszeit zur Heizung verwendet und nur bei hohen Außentemperaturen an die Umgebung abgeführt wird. In Abhängigkeit von der Leistung der Maschinen sowie der Hallengröße lässt sich die Heizung teilweise bis in den Bereich von Minus-Graden substituieren.

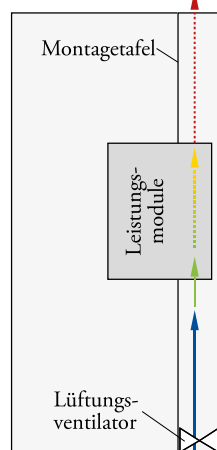
(Derating) der elektrischen Komponenten 40° C nicht übersteigen – selbst unter ungünstigen Umgebungsbedingungen mit hohen Außentemperaturen. Zulässig sind typischerweise Außentemperaturen von 35 °C bis 40 °C. Da es dann kaum oder keine Konvektion an der Schaltschrankoberfläche gibt, müssen die im Schaltschrank entstehenden Verluste über aktive Kühlsysteme abgeführt werden. Dabei wird zwischen Wasser-Luft- und Wasser-Wasser-Wärmetauschern unterschieden.

Wasser-Luft-Wärmetauscher geben die Abwärme des Kühlaggregates an die Hallenumgebung ab, wodurch sich diese zusätzlich aufheizt. Bei Wasser-Wasser-Wärmetauschern wird die Abwärme durch Kühlwasserleitungen entweder zu einem zentralen Kühlaggregat oder einem

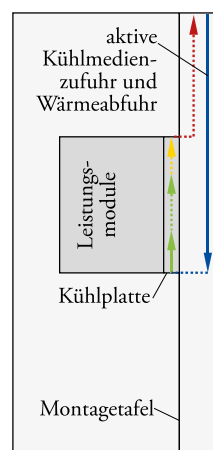
a) interne Luftkühlung



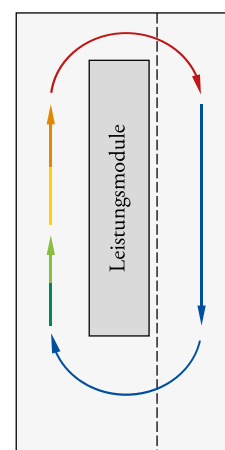
b) externe Luftkühlung



c) Kühlplatte



d) Konvektion mit interner Zirkulation



etz

04 Die verschiedenen Arten der Entwärmung von Leistungsmodulen im Schaltschrank

Zusammenfassung

Bei der Gestaltung der thermischen Haushalte von Produktionsanlagen ist zur Steigerung der Effizienz zunächst die anwendungsorientierte Dimensionierung der einzelnen Maschinenmodule und Aggregate zu tätigen. Die heutigen Antriebe besitzen schon sehr gute Wirkungsgrade und damit geringe Verluste. Teilweise lassen sich diese durch die Wahl von Prinzipien mit höherem Wirkungsgrad (z. B. kennfeldgeregelte Kühlschmierstoffpumpen) noch reduzieren. Als Gesamtsystem kann die Abwärme in die thermische Auslegung der Fabrikanlage einbezogen werden. So kann man durch die gezielte Abfuhr der Abwärme aus der Produktionshalle deren Aufheizung bei hohen Umgebungstemperaturen reduzieren. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen (Winter) lässt sie sich wiederum zur Heizung nutzen.

Wirtschaftliche Vorteile bieten auch kanallose Verdrahtungssysteme, wie das Airstream-System von Lütze. Damit lässt sich eine zusätzliche Klimatisierung der Schaltschränke minimieren oder gänzlich vermeiden, indem eine Zirkulation im Schaltschrank unterstützt und optimiert wird, was Wärmenester verhindert.

Verschiedene Studien aus dem Maschinen- und Automobilbau belegen [2, 3], dass mit dem Einsatz des Airstream-Verdrahtungssystems eine spürbare Entwärmung und Homogenisierung des Schaltschrankklimas möglich ist. Damit werden die eingebauten Geräte nicht nur vor einem schleichenden Hitzekollaps bewahrt, auch deren Lebenserwartung erhöht sich. Weitere nachhaltige Klimaverbesserungen könnten durch eine zielgenaue Kühlluftführung im Schaltschrank erreicht werden. Dadurch lassen sich in der Umgebung von Komponenten mit einer hohen Verlustleistung Hot-Spots aktiv minimieren. (no)

Literatur

- [1] Friedrich Lütze GmbH, Weinstadt: www.luetze.com
- [2] Bautz, M.: Kanallose Verdrahtung sorgt für homogenes Schaltschrankklima. etz elektrotechnik & automation 139 [2018] H. S4, S. 36. VDE VERLAG, Berlin · Offenbach, www.smart-production.de/etz/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/kanallose-verdrahtung-sorgt-fuer-homogenes-schaltschrankklima-2018887/
- [3] Bautz, M.: Kanallose Verdrahtung sorgt für frischen Wind im Schaltschrank. www.luetze.com/de-de/loesungen/kanallose-verdrahtung-sorgt-fuer-frischen-wind-im-schaltschrank

Autor



Prof. Dr.-Ing. Helmut Nebeling ist Professor für Werkzeugmaschinen, Steuerungstechnik, Produktionsanlagen und additive Fertigung an der Hochschule Reutlingen. helmut.nebeling@reutlingen-university.de

Gebündelte Kompetenz

smart-production.de Die Plattform für Smart Production Solutions

Das Portal smart-production.de bündelt und verknüpft die geballte Kompetenz der innovativen und renommierten Medienmarken etz elektrotechnik & automation, openautomation und Digital Factory Journal unter einem Dach. Hier finden Sie tagesaktuelle News, Produktmeldungen und Fachbeiträge aus den Bereichen Automatisierung und Produktions-IT, Industrie 4.0, IoT und Digitalisierung der Produktion.

www.smart-production.de