E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Bewertung der Geräuschemission von Geräten und Komponenten im Bereich der Büro-EDV

GUTACHTEN NOVEMBER 2001

Dr.-Ing. A. E. Çakir
Dipl.-Ing. Gisela Çakir
ERGONOMIC Institut, Berlin

INHALT

1 Auftrag 2
2 Untersuchungsobjekte und Betrachtungsgegenstände 2
3 Vorgenommene Arbeitsschritte 4
4 Ergebnisse der Untersuchungen 10
5 Probleme durch nicht präzises Deklarieren von Daten 48
6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 52
Literatur und Normen 62
Exkurs 63
Anhang

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

1 AUFTRAG

Das Gutachten dient der Beschreibung und Feststellung des Standes der Technik bezüglich der Geräuschemissionen von technischen Einrichtungen, die in Zusammenhang mit der Datenverarbeitung im Büro eingesetzt werden. Die Daten sollen im Hinblick auf eine Verwendung in einer VDI-ETS-Richtlinie bewertet und aufbereitet werden.

Das Gutachten wird im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin erstellt. Basis für die Ausarbeitung ist die Leistungsbeschreibung der BAuA sowie das Angebot des ERGONOMIC Instituts vom 13. Juli 2000.

2 UNTERSUCHUNGSOBJEKTE UND BETRACHTUNGSGEGENSTÄNDE

2.1 Untersuchungsobjekte

Die vorgesehenen Untersuchungsobjekte umfassen folgende Gerätetypen und Komponenten:

- Personal Computer
  - Gebrauchsfertige PCs
  - PC-Gehäuse zum Ausrüsten
- Drucker
  - Laserdrucker
  - Tintenstrahldrucker
  - sonstige non-impact-Drucker
  - Impact-Drucker
  - Plotter
- Scanner
- Kopierer
- Laufwerke
  - CD-ROM, DVD
  - Bandgeräte
  - Jukeboxen
  - CD-Brenner

2.2 Betrachtungsgegenstände

Unerwünschte Geräuschemissionen können nach verschiedenen Gesichtspunkten bewertet werden, so z.B. nach potentieller Schädigungsmöglichkeit des Gehörs, nach subjektiver Empfindung der Lautheit, Lästigkeit u.ä.

Die Erfassung aller im Labor messbaren Charakteristika von Geräuschen ergibt zwar eine große Datenmenge, die man in Forschungsprojekten möglicherweise verwerten kann, jedoch können Praktiker damit schwer umgehen. Daher ist je nach beabsichtigter Verwendung die Erfassung bzw. Angabe

bestimmter Eigenschaften emittierter Geräusche sinnvoll bzw. erforderlich. Eine Selektion der erfassten Eigenschaften mindert zwar die verfügbare Informationsmenge, sie kann aber andererseits den Nutzen erhöhen.

Die für dieses Gutachten relevanten Untersuchungsobjekte zeichnen sich nicht durch hohe Energieemissionen aus, ihr Schalldruckpegel liegt i.d.R. weit unter 85 dB(A). Für sie wurde mit ISO 9296 von 1988 die Angabe von zwei Größen

- A-bewerteter Schallleistungspegel L_{WA}
- A-bewerteter Schalldruckpegel am Ort des Benutzers L_{pA}

vereinbart.

Diese Größen sind mindestens für den Stand-by-Betrieb und Normalbetrieb anzugeben. Die Berechnung der anzugebenden Werte (L_{WAd} und L_{pAm}) sowie die Unsicherheit ihrer Bestimmung sind in ISO 9296 bzw. ISO 7779 vereinbart. Darüber hinaus kann der Anbieter eines Produkts weitere Angaben über Impulshaltigkeit und Tonhaltigkeit nach ISO 7779 machen.

Die nach ISO 9296 anzugebenden Größen beschreiben mögliche Wirkungen der Untersuchungsobjekte nur unvollkommen. Allerdings ist festzustellen, dass die Praxis bislang bei vielen Produkten den hierdurch ermöglichten Nutzen kaum ausgeschöpft hat. Es scheint zumindest aus dieser Sicht sinnvoll, sich auf deren Betrachtung zu beschränken.

2.3 Nicht berücksichtigte Sachverhalte

Die in diesem Bericht behandelten Größen repräsentieren physikalische Ereignisse bzw. Größen, die bekanntermaßen nicht ausreichen, um die Einwirkung von Schallereignissen auf den Menschen vollständig zu beschreiben. Ob dies überhaupt gelingen kann, ist fraglich, weil die Wirkung von Schallereignissen zum einen nicht nur von diesen selbst bestimmt wird, sondern auch von anderen Schallereignissen in deren zeitlicher und räumlicher Nachbarschaft, und zum anderen nicht nur in einer bestimmten Hinsicht (physiologisch, psychologisch, psychisch usw.) erfolgt. Häufig treten erwünschte wie unerwünschte Wirkungen parallel ein, wobei ein Schallereignis von Fall zu Fall positiv oder negativ aufgenommen werden kann bzw. geduldet wird, weil der positive Effekt die negativen Auswirkungen übertrifft. Beispielweise wird die Geräuschentwicklung von Laufwerken allgemein als "Lärm" betrachtet. Im Falle von CD-ROM-Laufwerken trifft dies zu, weil das Geräusch nicht nur keine Bedeutung besitzt, sondern auch die Funktion beeinträchtigt, wenn man mit dem Gerät eine Tonaufnahme abspielt. Hingegen werden leise Geräusche vom Schreib-/Lesekopf von Festplattenlaufwerken als willkommene Information empfunden, die häufig nützlich ist, das Drehgeräusch hingegen nicht, weil es nichts bedeutet.

Allein die negativen Auswirkungen fallen gemäß der für Büroumgebung relevanten Norm in fünf unterschiedliche Kategorien (DIN EN ISO 9241-6):

- Beeinträchtigung des Gehörs
- Unerwünschte Reaktionen des zentralen und vegetativen Nervensystems
- Behinderung bei der sprachlichen und sonstigen Kommunikation
- Minderung der Leistungsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit
- Lästigkeit.

Bei den Produkten, deren Schallemissionsverhalten im Rahmen dieses Gutachtens betrachtet werden sollen, kann man lediglich die Beeinträchtigung des Gehörs ausschließen, während alle anderen Wirkungen verursacht werden können.

Um die für die jeweilige Wirkung maßgeblichen physikalischen Eigenschaften charakterisieren zu können, wurden in der Psychoakustik eine Reihe von Größen eingeführt, z.B. Rauhigkeit in asper u.ä. Die bekannteste dieser Größen ist die Lautheit, gemessen in sone. Aufgrund ihrer Definition ist sie eine für Schallpegel unter 50 dB sehr empfindliche, und somit mit Sicherheit geeignete Größe. Die für dieses Gutachten relevante Frage ist, ob eine Angabe von zusätzlichen Daten dem Hauptziel des Vorhabens dienlich wäre, d.h.,

- einen besseren Schutz von Nutzern dieser Geräte bei der derzeit verfügbaren Technik sowie
- Fortschritte bezüglich lärmarmer Konstruktionen

zu bewirken.

3 VORGENOMMENE ARBEITSSCHRITTE

Im Rahmen des Vorhabens wurden die nachfolgend angeführten Arbeitsschritte eingeleitet bzw. ausgeführt:

- Befragung von Prüfstellen
- Befragung von Herstellern
- Auswertung von Daten des Herstellerverbandes ECMA
- Auswertung von Daten des Umweltbundesamtes (Blauer Engel)
- Interviews von Herstellern, die auf der Messe CEBIT 2001 ausgestellt haben, einschließlich schriftlicher Nachfassaktion
- Auswertung von veröffentlichten Daten von EDV-Zeitschriften
- Besuch bei zwei Publikationsorganen, die akustische Daten zu IT-Produkten veröffentlichen bzw. Veröffentlichungen planen
- Interviews von Journalisten, die akustische Daten veröffentlichen
- Rückfrage über die Messungen einer Zeitschrift bei der FH Regensburg
- Recherchen im Internet zu
  - verfügbaren Daten der Hersteller
  - Verhalten der Hersteller in der Publikation von Daten
  - Akzeptanz von ISO 7779 und ISO 9296
- Symposium für Vertreter von Herstellern von IT-Produkten (BITKOM).

3.1 Befragung von Prüfstellen

Bei diesem Arbeitsschritt wurden 27 für die Vergabe des GS-Zeichens zugelassene Prüfstellen in Deutschland über die Berücksichtigung von Geräuschemissionsdaten bei ihren Prüfungen sowie über die Verfügbarkeit von auswertbaren Daten befragt (Befragungsbogen s. Anhang). Wie der Rücklauf gezeigt hat, befasst sich nur ein Teil dieser Prüfstellen mit der Prüfung von IT-Produkten. (Anm.: Obwohl vorher bekannt war, dass nicht alle Prüfstellen für

die Prüfung von IT-Produkten mit dem Ziel der Vergabe des GS-Zeichens zugelassen sind, wurde der Fragebogen an alle geschickt, um auch eventuell vorhandene Daten aus sonstigen Tätigkeitsfeldern erhalten zu können.)

3.2 Befragung von Herstellern

Die Hersteller von IT-Produkten wurden per e-Mail nach verfügbaren Daten, Veröffentlichungen von Daten und ihrem künftigen Verhalten befragt. Zunächst wurden diejenigen Hersteller befragt, die für ihre Produkte das Umweltzeichen "Blauer Engel" beantragt und erhalten hatten. In einem zweiten Schritt wurden weitere Hersteller befragt bzw. auf deren Hinweis hin die im Internet veröffentlichten Daten ausgewertet.

Es wurden etwa 80 Adressen angeschrieben, wobei diese Zahl von den realen Verhältnissen stark abzuweichen scheint, da manche Hersteller (auch namhafte) eher Distributoren sind, während andere, die in der Computerpresse nicht einmal erwähnt werden, tatsächliche Hersteller von Produkten sind, die, mehr oder weniger modifiziert, von verschiedenen Anbietern vertrieben werden. Die Situation ist intransparent. Der Rücklauf war gering.

Klar umreißen lässt sich die Situation bei den in der ECMA (European Computer Manufacturers Association) organisierten Herstellern, die sich seit über 20 Jahren systematisch um die Geräuschemissionen ihrer Produkte kümmern. Nicht zuletzt ISO 7779 ist ein Ergebnis dieser Bemühungen.

3.3 Auswertung von Daten des Herstellerverbandes ECMA

ECMA hat bereits im Jahr 1979 ein Technisches Komitee für Akustik gegründet, das im Jahr 1981 ECMA-74, eine Herstellernorm, veröffentlicht hat. Diese Norm wurde später in die ISO 7779:1988 überführt. Die letzte Ausgabe von ECMA-74 wurde im Jahre 1999 veröffentlicht und bildete die Basis für die letzte Überarbeitung von ISO 7779. Darüber hinaus hat ECMA mit dem Technical Report TR/27 eine Methode zur Vorausberechnung der Geräuschsituation herausgegeben. Dieser Bericht bildet die Brücke zwischen den Emissionswerten der Maschinen und den Immissionswerten in der Arbeitsumwelt. Der Standard ECMA-109 beschreibt die Deklarierung von Emissionswerten. Er hat die Basis für ISO 9296 gebildet.

ECMA TR/70 gibt an,

- welche Produktparameter bei welchen Produktgattungen als umweltrelevant deklariert und
- welche Daten für akustische Emissionswerte angegeben

werden sollen.

Die von der ECMA veröffentlichten Daten zu Geräuschemissionen sind in dem Technical Report TR/62 aus dem Jahre 1993 enthalten. Obwohl diese Daten relativ alt sind, lassen sie sich z.B. zur Feststellung eines "Standes der Technik" heranziehen, da Entwickler vieler neuerer Produkte, die die typischen Werte vom Jahre 1993 überschreiten, offenbar den Fortschritt in der Lärmreduzierung von Büromaschinen nicht mitgemacht haben.

3.4 Auswertung von Daten des Umweltbundesamtes

Bei diesem Arbeitsschritt wurden die vom Umweltbundesamt, Berlin, veröffentlichten Daten zu Produkten, die mit dem Blauen Engel ausgezeichnet worden sind, ausgewertet.

Für die Ziele des Gutachtens ist die Vergabepraxis für den Blauen Engel interessant, weil die geforderten maximalen Schallemissionswerte nicht absolut gegeben sind, sondern nach Leistungsmerkmalen klassifiziert werden.

Das Umweltbundesamt (UBA) konzipiert die produktspezifischen Kriterien des Umweltzeichens "Blauer Engel", zu denen auch Geräuschemissionen gehören. Der "Blaue Engel" ist das älteste Umweltzeichen. Allerdings wurde er ursprünglich nicht für Produkte der Büro- und EDV-Technik vergeben. So hatte z.B. das ERGONOMIC Institut die Vergabe eines Umweltzeichens für ein EDV-Produkt (Tintenstrahldrucker) bereits im Jahr 1983 mit der Begründung der Lärmarmut und Materialersparnis beantragt. Der Antrag wurde wegen fehlender Kriterien für Büroprodukte abgelehnt. Diese finden sich mittlerweile in den Kriterienkatalogen vieler Umweltzeichen in Europa.

Die Kriterien für die Vergabe des "Blauen Engel" werden in einem Hearing-Prozess des RAL mit der betroffenen Wirtschaft und den Verbänden der Verbraucher und Umweltschützer abgestimmt und abschließend durch ein vom Staat berufenes Gremium, der "Jury-Umweltzeichen", beschlossen. Die gesamte Zeichenvergabe (Zertifikation) ist Aufgabe des RAL.

Zeicheninhaber des "Blauen Engel" ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dem RAL wurde das alleinige Recht übertragen, den "Blauen Engel" auf der Basis einer Vereinbarung zwischen dem Umweltbundesamt und dem RAL zu vergeben.

Aus den veröffentlichten Kriterien lässt sich zum einen sehen, welche Anforderungen an welche Produkte gestellt werden, zum anderen kann man aber auch erkennen, bei welchen Produkten keine Anforderungen bezüglich der Geräuschemission gestellt werden.

3.5 Auswertung von Publikationen von TCO zur Vergabe

Die schwedische Organisation TCO (Tjänstemännens Centralorganisation, ein Dachverband von 20 schwedischen Angestelltengewerkschaften) vergibt seit dem Beginn der 90er Jahre Prüfzeichen für Bildschirmgeräte und sonstige EDV-Produkte. Sie bilden eine Fortsetzung der von SWEDAC (schwedisches Amt für technische Akkreditierung) erarbeiteten Richtlinie MPR. Das erste Prüfzeichen wurde unter dem Titel TCO 92 vergeben, die aktuelle Version trägt die Bezeichnung TCO 99.

Die von der TCO zu Grunde gelegten Vergabegrundsätze bzw. die darin enthaltenen Daten sind bedeutsam, da viele Produkte wie z.B. Monitore ohne TCO Prüfzeichen in vielen Ländern praktisch unverkäuflich sind. Zudem beruhen die Prüfgrundsätze auf praktischen Daten derart, dass die Hälfte der verfügbaren Produkte diese erfüllen. Somit stellen sie eine bestimmte Vorstellung vom "Stand der Technik" dar.

Für Geräuschemissionen bestimmter Produktgattungen werden Grenzwerte klassifiziert angegeben.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

3.6 Interviews von Herstellern

Bei diesem Arbeitsschritt wurden Herstellervertreter (Mitarbeiter, PR-Verantwortliche, Vertrieb usw.) nach der Praxis der Kennzeichnung von Produkten und dem Kundenverhalten bezüglich Schallemissionen befragt. Da sich zum Zeitpunkt dieser Interviews bereits herauskristallisiert hatte, dass die Lüfter von PCs wahrscheinlich die problematischste Lärmquelle darstellen, wurden Hersteller von Gehäusen befragt, deren Produkte bei vielen Anbietern von Computern zum Einsatz kommen. Auch Lüfter von Prozessoren können sehr laut sein, jedoch ist bei ihnen eher der Einbau in das Gehäuse wichtiger.

Die Interviews wurden während der CEBIT Messe 2001 in Hannover durchgeführt. Es wurden 20 Hersteller befragt. Aufgrund der Erfahrungen, die bei diesen Befragungen gemacht wurden, wurde von weiteren Befragungen abgesehen.

3.7 Auswertung von veröffentlichten Daten von EDV-Zeitschriften

EDV-Zeitschriften veröffentlichen im Rahmen ihrer Berichterstattung Daten über das Schallemissionsverhalten von IT-Produkten. Die Artikel reichen von Allgemeinplätzen ("Genervt durch PC-Lärm") bis hin zu systematischen Analysen über die Entstehungsmechanismen von Geräuschen bei den Produkten und dezidierten Tests für Produktgattungen.

Die gefundenen Artikel und die darin enthaltenen Daten wurden nach folgenden Aspekten ausgewertet:

- Natur der Veröffentlichung
- Verlässlichkeit der Daten (Messmethode etc.)
- Statistische Auswertung ausgewählter Datensätze

EDV-Zeitschriften führen im Rahmen ihrer Tests z.T. umfangreiche Messungen durch. Die Messergebnisse zu gleichen Produktgattungen sind oft über mehrere Jahre verfügbar, so dass man neben dem "Stand der Technik" auch den Fortschritt (bzw. Rückschritt) über einen längeren Zeitraum erfassen kann.

Es wurde festgestellt:

- Die umfangreichste Sammlung akustischer Daten hat die Zeitschrift c´t veröffentlicht (128 Einträge zum Stichwort "Lärm" zwischen dem 1. Januar 1990 und dem 31. Dezember 1999). Die Messdaten stammen aus dem eigenen Labor. Eine Besonderheit der in der c´t veröffentlichten Untersuchungen ist die Angabe von Emissionsdaten in sone, die bei manchen Artikeln allein und in anderen als Ergänzung zu den physikalischen Pegeln in dB(A) angeführt werden. Die Messdaten wurden für mehrere Produktgattungen erfasst und nach Klassifizierungsmöglichkeiten untersucht.
- Die Zeitschrift PC Professional veröffentlicht Messdaten zu Geräuschemissionen, die an der FH Regensburg (Prof. Zollner) ermittelt werden.
- Die Computerwoche weist in dem gleichen Zeitraum (1990 bis 1999) nicht einmal halb so viele Einträge zum Thema "Lärm" auf wie c´t, obwohl die Erscheinungsfrequenz doppelt so hoch ist. Zudem haben

mehr als die Hälfte der Nennungen entweder keinen Bezug zur Geräuschemission oder enthalten keine konkreten Werte.

- Die computer zeitung (cz) ist nur sporadisch auf das Thema Lärm eingegangen.

3.8 Besuch bei Publikationsorganen

Für diesen Arbeitsschritt wurden zwei Publikationsorgane ausgesucht, von denen eines ein eigenes Labor für akustische Messungen unterhält und das andere gerade ein solches Labor aufbaut. Eine der genannten Redaktionen hat im Laufe der letzten 11 Jahre die wohl umfangreichste Sammlung an Artikeln und Tests zum Thema Akustik und Informationsverarbeitung veröffentlicht. Die andere Redaktion gehört zur größten Verlagsgruppe weltweit auf dem Gebiet der Informationstechnik. Daher werden die Ergebnisse dieses Labors künftig vermutlich sehr weite Verbreitung finden.

Bei den Interviews wurde nach der Motivation der Redaktion für die Messungen, dem methodischen Vorgehen und dem Aufwand gefragt.

3.9 Interviews von Journalisten

Journalisten von EDV-Zeitschriften, die sich in der Vergangenheit näher mit dem Thema Geräuschemission befasst und Artikel veröffentlicht haben, wurden telefonisch interviewt, um Hintergrundinformationen zu den Artikeln zu erhalten. Es wurden sechs Journalisten interviewt. Bei einer solch kleinen Anzahl von Befragten lässt sich in der Regel keine repräsentative Aussage erhalten. Zum Thema von Geräuschemissionen ließen sich allerdings nicht viel mehr Journalisten ausfindig machen, die sich intensiv mit der Thematik befasst hatten.

3.10 Recherchen im Internet

Das Internet stellt aus verschiedenen Gründen eine sehr ergiebige Quelle dar. Der vermutlich wichtigste Grund ist die Tatsache, dass das Internet als mächtiges Marketinginstrument eingesetzt wird und dass Geräuschemissionen ein wichtiges Argument für Marketing darstellen.

Aus den im Internet verfügbaren Daten bzw. Artikeln, die Daten enthalten, lassen sich vielfältige Schlussfolgerungen ziehen, so z.B. über die Präzision von Angaben. Beispielsweise wurden am 25. Juli 2001 3.480 Dokumente gefunden, die die Suchbegriffe "dB(A)" und "ISO 7779" enthielten. Nur 358 Dokumente (= 10,3%) davon führten aber die Norm ISO 9296 an, die die Grundlage der Deklarierung bildet. Aus den angeführten Normen lässt sich auch auf die anvisierten lokalen Märkte schließen, so z.B., wenn US-amerikanische Firmen EN 27779 oder DIN 45635-19 anführen und nicht entsprechende ANSI Dokumente.

3.11 Herstellerdaten

3.11.1 Verfügbare Daten der Hersteller

Die angeschriebenen Hersteller haben uns z.T sehr umfangreiche Zusammenstellungen von Unterlagen zugeschickt, in denen teilweise auch die Prüfgut-

achten enthalten waren, zum Teil haben sie uns auf ihre Internetseiten verwiesen, die gut aufbereitete "Umwelt-Datenblätter" für alle Produkte enthalten. Während wir bei einem Hersteller ca. 200 Umweltdatenblätter mit den für uns relevanten Daten in wenigen Minuten finden und auf den Rechner laden konnten, gelang es bei anderen auch nach Wochen nicht, eine Übersicht über Produkte und Produktdaten zu finden. Wenn die Suche überhaupt erfolgreich war, musste man Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammen puzzeln, da sie an unterschiedlichsten Stellen zu finden waren.

Die erhaltenen Daten wurden zum einen bezüglich der Emissionsdaten ausgewertet und zum anderen hinsichtlich des Verhaltens der Hersteller bei der Publikation der Daten.

3.11.2 Verhalten der Hersteller in der Publikation von Daten

Die Prüfung des Verhaltens der Hersteller hinsichtlich der Publikation der Daten wurde vorgenommen, weil uns aus früheren Studien bekannt war, dass in Publikationen, zuweilen notgedrungen, wertlose, z.T. sogar irreführende Daten angeführt werden. So hatte z.B. ein Hersteller vor langer Zeit einen Wert von 54 dB(A) für einen Fernschreiber angegeben, der somit zum "Bürofernschreiber" deklariert wurde, weil er "flüsterleise" sei. Über die Natur des Emissionswertes wurde nichts ausgesagt, jedoch wurde suggeriert, dass es sich um einen Schallleistungspegel handele. In Wirklichkeit handelte es sich um den Schalldruckpegel am Arbeitsplatz, der aber 63 dB(A) betrug. Er wurde unter der in der Publikation nicht genannten Annahme, man werde das Gerät nur eine Stunde pro Arbeitstag benutzen, auf 54 dB(A) heruntergerechnet.

Obwohl es sich offensichtlich um unkorrekte Angaben handelte, war das Verhalten des Herstellers so unfair nicht, weil es sich um die tatsächlich leiseste Maschine ihrer Gattung handelte, bei der man ca. 12 dB(A) gegenüber den Vorgängerinnen der Maschine eingespart hatte. Der Hersteller hätte allerdings unter Verzicht auf die Verbesserung der Druckqualität nochmal 3 - 6 dB(A) "einsparen" können.

Es wurde geprüft, ob ähnliche Verhaltensweisen derzeit denkbar bzw. üblich sind und in welchem Maße die verfügbaren Daten hiervon beeinträchtigt werden.

3.12 Symposium für Vertreter von Herstellern von IT-Produkten (BITKOM)

Um die Projektziele und vorläufigen Ergebnisse mit den Fachleuten von Herstellern diskutieren zu können, wurde ein Symposium exklusiv für Herstellervertreter organisiert und abgehalten. Die Firmen wurden über einen Verteiler des Herstellerverbandes BITKOM eingeladen. An dem Symposium nahmen 10 Personen (sechs Hersteller) teil. Die Ergebnisse wurden protokolliert und den Teilnehmern zur Bestätigung zugeschickt. Das Protokoll (s. Anhang) wurde auch den Firmen verfügbar gemacht, die an dem Symposium nicht haben teilnehmen können.

Bei dem Symposium wurden folgende Punkte diskutiert:

- Natur der "Kennzeichnung" der Geräuschemissionen
- Bestimmung der Größen

- Möglichkeit eines neuen Labels für Lärmkennzeichnung
- Aufnahme der Kennzeichnung der Geräuschemissionsdaten in ein übergeordnetes Zertifikat
- Uneinheitlichkeit der verfügbaren Daten
- Einheitliche Angaben zu Geräuschemissionen
- Honorierung der Herstellerbemühungen durch die Öffentlichkeit

3.13 Akzeptanz von ISO 7779 und ISO 9296

Die Akzeptanz von ISO 7779 und ISO 9296 wurde anhand der Herstellerbefragung, der Interviews, der Internet Recherchen und des Symposiums geprüft. Grund für diese Prüfung ist eine Abschätzung darüber, wie erfolgreich ein Vorhaben zur Information der Öffentlichkeit auf der Basis von Daten sein kann, die auf diesen Normen basieren.

4 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

4.1 Zur erforderlichen und vorhandenen Qualität der Daten

Um eine Wirkung in der Öffentlichkeit zu erzielen, sollten die Daten, die der Öffentlichkeit präsentiert werden, eine Qualität aufweisen, wie sie z.B. die Europäische Richtlinie über die Geräuschemissionen von Haushaltgeräten beschreibt:

"*RICHTLINIE DES RATES vom 1. Dezember 1986 über die Geräuschemissionen von Haushaltsgeräten (86/594/EWG) Die Aktionsprogramme der Europäischen Gemeinschaften für den Umweltschutz von 1973 (4) und 1977 (5) verweisen auf die Bedeutung des Problems der Schallemissionen und insbesondere auf die Notwendigkeit, auf Geräuschquellen einzuwirken.*

Die Öffentlichkeit sollte in möglichst verständlicher und einheitlicher Weise über den Geräuschpegel von Haushaltsgeräten unterrichtet werden. Eine genaue, zutreffende und vergleichbare Unterrichtung kann ihre Wahl auf geräuscharme Haushaltsgeräte lenken."

Die wichtigsten Qualitätsmerkmale für diese Daten sind in diesem Zitat beschrieben:

- verständlich
- einheitlich
- genau
- zutreffend
- vergleichbar.

4.1.1 Genauigkeit

In der Richtlinie ist ausgeführt, was unter "genau" zu verstehen ist (Festlegung des Stichprobenumfangs für Tests, Bezugsstandardabweichung und Annahmewahrscheinlichkeit). Diesen Angaben in etwa äquivalent sind Festlegungen in ISO 9296, wenn auch nicht mit der gleichen rechtlichen Bindung. Während die Richtlinie eine maximale Standardabweichung angibt, "*Das allgemeine Prüfverfahren zur Bestimmung der Geräuschemission von Haushaltsge-*

räten muss so genau sein, dass die Unsicherheit der Messungen bei den A-bewerteten Schallleistungspegeln zu Standardabweichung von höchstens 2 dB führt.", ist in ISO 9296 ein fester Wert von 2,0 dB angegeben. Der Grund hierfür ist der Wunsch, mit kleinen Stichproben auszukommen.

Kleine Stichproben haben i. Allg. den Nachteil, dass die Wahrscheinlichkeit von falschen Annahmen (Produkt wird akzeptiert, obwohl der tatsächliche Wert außerhalb des ermittelten Bereichs liegt) größer ist als bei großen Stichproben. Dafür ist die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Hersteller mehr Produkte prüfen bzw. prüfen lassen, größer.

Hinsichtlich der Genauigkeit der Angaben bildet ISO 9296 eine methodisch akzeptable und von Herstellern allgemein akzeptierte Grundlage.

Die Kritik gegen diese Grundlage hinsichtlich der Genauigkeit richtet sich

- an die geforderten Angaben und
- an die mangelnde Präzision der Festlegungen über die Messbedingungen.

Die geforderten Angaben sind nach Meinung der von uns interviewten Journalisten sowie von Herrn Prof. Zollner (FH Regensburg), der, wie bereits erwähnt, die Messungen für eine Zeitschrift in seinem Labor durchführt, teilweise nicht aussagefähig, weil die Messentfernung einheitlich 1 m beträgt. Nach übereinstimmender Meinung aller Gesprächspartner, die Herstellervertreter beim Symposium eingeschlossen, stellen die Zentraleinheiten von PCs, insbesondere deren Lüfter, aus heutiger Sicht die problematischste Schallquelle im Büro dar. Diese befinden sich in der Praxis eher in 50 cm Entfernung vom Benutzer denn in 1 m. Auch die TCO (TCO´99 – Mandatory and recommended requirements for System Units and Graphic Adapters …) weicht bei der Messung von bestimmten Zentraleinheiten (Tower) von ISO 7779 ab.

Die mangelnde Präzision bei den Festlegungen der Messbedingungen ist dadurch bedingt, dass der Hersteller die Betriebsbedingungen seines Geräts während der Messung selbst festlegen kann. Würde man dies verhindern, können Produkte benachteiligt werden, weil man sie anders betreibt, als der Hersteller vorgesehen hat. Lässt man hingegen zu, dass der Hersteller seine Betriebsbedingungen festlegt, entstehen zwei potenzielle Fehlerquellen:

(1) Bei unrealistisch festgelegten Betriebsbedingungen erscheint die Geräuschemission geringer als tatsächlich vorhanden, ohne dass der Adressat der Daten auch nur merken kann, woher die Abweichung herrühren könnte.

(2) Im allgemeinen leidet die Vergleichbarkeit von Daten.

In Zukunft werden die Daten vermutlich noch weniger vergleichbar sein, weil nicht nur der Hersteller unterschiedliche Betriebsbedingungen wählen kann, sondern auch ein Distributor. Dieses Problem hängt damit zusammen, dass viele IT-Produkte keine gebrauchsfertigen Einheiten sind wie z.B. Waschmaschinen. Eine an einem Arbeitsplatz vorfindbare Konfiguration entsteht häufig erst beim Händler, der nicht nur zusätzliche Komponenten installieren kann, sondern auch noch ein software-gesteuertes "Lärmmanagement", das die Betriebsweise der Maschine und ihrer Teile im Sinne einer Optimierung der Geräuschemission bestimmt. Solche Einrichtungen können für den Benutzer sehr sinnvoll sein und werden daher in Zukunft sicher häufiger eingesetzt werden.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

4.1.2 Einheitlichkeit

Wie im Abschnitt Genauigkeit dargelegt, lässt sich die Einheitlichkeit von Daten nur zu einem gewissen Grad erreichen, obwohl es sich um eine relativ kleine Anzahl an Angaben (Schallleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel für zwei Betriebszustände, Betrieb und Leerlauf) handelt, die gemäß einer präzise festgelegten Prozedur gemessen und deklariert werden sollen.

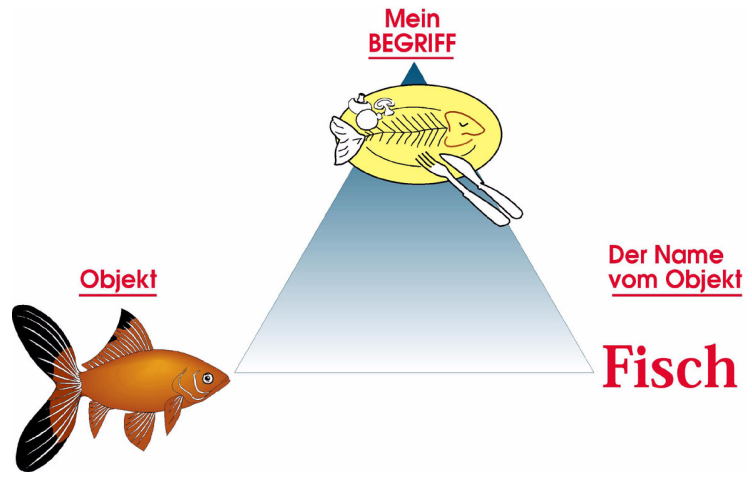
Auch die eingeschränkte Einheitlichkeit der Emissionsdaten ist nur dann gegeben, wenn tatsächlich nach ISO 7779 gemessen und gemäß ISO 9296 deklariert wird. Die Zeitschriften, deren Daten geprüft wurden, verfolgen jedoch nicht das Ziel, normgerechte Daten zu erheben. Vielmehr besteht ihr Hauptziel darin, ihre Leserschaft mit Information zu versorgen, die für diese relevant ist. Da die gewählte Messentfernung (50 cm) in der gleichen Größenordnung wie Ausdehnung der Produkte liegt, wird eine Konvertierung auf eine einheitliche Entfernung als nicht sinnvoll bzw. fragwürdig angesehen (Zollner, 2001). Für eine Konvertierung ist eine genaue Kenntnis der Messgeometrie erforderlich.

4.1.3 Verständlichkeit

Das "Verstehen" eines Gegenstands hängt von drei Voraussetzungen ab, die in der Psychologie als das "Semantische Dreieck" bezeichnet werden (Bild 1):

- Die erste und notwendige Voraussetzung ist die Existenz des Betrachtungsgegenstands. Dieser muss nicht unbedingt physikalisch existieren, er kann vielmehr auch fiktiv sein (z.B. Ärger, Gefühlsausbruch).
  >> Das **Objekt existiert**.
- Die zweite Voraussetzung ist eine Bezeichnung des Gegenstands, ein Name. Je treffender der Name, desto größer die Chance, dass der Gegenstand tatsächlich wahrgenommen wird.
  >> Das **Objekt** ist **als Begriff** erfasst.
- Die dritte und hinreichende Voraussetzung ist die persönliche Erfahrung, aus der eine mentale Repräsentation des Gegenstands abgeleitet wird.
  >> Das **Objekt** ist **mir ein Begriff**.

Bild 1 Das Semantische Dreieck



Naturgemäß dauert es bei der Gesellschaft länger als bei einzelnen Personen, bis ein Gegenstand "ein Begriff" geworden ist. Hinsichtlich akustischer Daten kann man bereits in der linken Ecke der Abbildung des Dreiecks (Bild 1) Probleme finden, da es denkbar ist, dass man nicht alle Einflussfaktoren, die die Wirkung von Schall auf den Menschen beschreiben, als Objekt erfasst hat. Dass man sie nicht alle mit einem zutreffenden "Namen" belegt haben kann, versteht sich allein daraus. Aber auch die existierenden Namen sind häufig nur Fachleuten geläufig, d.h., für die Allgemeinheit existieren sie nicht. Das ist auch der Grund dafür, dass die EU-Richtlinie 86/594/EWG eine *genaue, zutreffende und vergleichbare Unterrichtung* erzielen möchte.

Die mentale Repräsentation von Schallereignissen und den dazugehörigen Messwerten wird zudem noch erschwert, weil es sich um Angaben auf einer logarithmischen Skala handelt. (Allerdings bietet eine theoretische Abkehr von der logarithmischen Darbietung keine Vorteile, wie man an den lichttechnischen Größen wie Lux sehen kann. Diese werden auf linearen Skalen erfasst, sollen aber Empfindungen bezeichnen helfen, die wie bei akustischen Größen logarithmisch verlaufen. In der Praxis kann man eher Nachteile erkennen.) Abermals erschwert ist das Verstehen der Skala "sone", weil die Umsetzung von physikalischen Messwerten auf eine empfindungsgemäße Skala pegelabhängig erfolgt.

Im Prinzip kann man durch die Einführung zusätzlicher Größen die Bezeichnung von Schallereignissen theoretisch verfeinern, wie man mit Hilfe von psychoakustischen Demonstrationen vorführen kann. Die Verständlichkeit der benutzten Begriffe geht aber vermutlich mit jedem zusätzlichen Begriff schneller zurück als der Informationsgehalt zunimmt.

Aus Gründen der Verständlichkeit empfiehlt es sich daher, sich auf möglichst wenige Daten zu beschränken.

4.1.4 Validität (Gültigkeit)

Validität bezeichnet den Grad der Genauigkeit, mit dem ein Verfahren das misst, was es messen soll. Sie ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für das, was die EU-Richtlinie 86/594/EWG als "zutreffend" angeführt hat. Beispielsweise werden bei RLT-Anlagen die Größen Temperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte gemessen, die bei Nutzung entsprechender Messgeräte jeweils valide sind für das, was sie messen. Die Benutzer der klimatisierten Räume sind aber nicht an diesen Größen allein interessiert, sondern an der thermischen Behaglichkeit und der Qualität der Innenluft. Daher sagen die Messergebnisse nicht das aus, was man von ihnen erwartet, sie sind somit nicht aussagefähig für den Benutzer.

Auch das Eingehen auf die Vorstellungen des Benutzers kann Validitätsprobleme schaffen. So gibt man z.B. beim Wetterbericht oft die sog. "windchill"-Temperatur an, die die integrale Wirkung der Lufttemperatur, der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchte bezeichnen soll. Diese gilt allerdings nur dort, wo der Mensch der Luftströmung ausgesetzt ist. Eigentlich müsste man sie auch noch unterschiedlich für die jeweilige Strömungsrichtung in Bezug auf den Menschen angeben.

Die nach ISO 7779 gemessenen Größen ergeben valide Werte für den physikalischen Schalldruck. Wie weit sie für die Intensitätsempfindung "Lautheit" eine hinreichend zutreffende Charakterisierung liefern, ist hingegen unklar. Man

kann im Einzelfall feststellen, dass ein Produkt mit einem höheren Schalldruckpegel eine geringere Lautheit (in sone) erzeugt als ein anderes Gerät mit einem niedrigen Schalldruckpegel. Nach Zwicker (Zwicker, 1982) entstehen bei Lärmbekämpfung auf der Basis von Schalldruckwerten sogar schwerwiegende Mängel. Ob diese Aussage für die in diesem Gutachten betrachteten Produkte gilt bzw. welchen Fehler man hierbei in Kauf nimmt, lässt sich anhand von Daten prüfen, bei denen zu einem Produkt sowohl physikalische Pegel gemessen wurden als auch der sone-Wert. (siehe "Zur Aussagefähigkeit der physikalischen Daten" auf Seite 16.)

Trotz der oben beschriebenen Kritik entspricht die beschriebene Wirkung der Erwartungshaltung, die man mit einer Intensitätsempfindung verbindet (höhere (Reiz)Intensität = stärkere Wirkung). Somit kann man annehmen, dass für den Zweck des Gutachtens der Nutzen höher sein kann als das in Kauf genommene Risiko.

Anders hingegen muss man urteilen, wenn man an die Gesamtheit der negativen Wirkungen der unerwünschten Schallemission denkt:

- Unerwünschte Reaktionen des zentralen und vegetativen Nervensystems
- Behinderung bei der sprachlichen und sonstigen Kommunikation
- Minderung der Leistungsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit
- Lästigkeit.

Zumindest für die Lästigkeit sind bei den relativ geringen Schalldruckpegeln mit Sicherheit eine Reihe von anderen Merkmalen mitentscheidend für die Wirkung, wenn nicht dominierend, so z.B. Frequenzgang, Informationshaltigkeit, zeitlicher Verlauf oder Impulshaltigkeit.

Auch bezüglich der Minderung der Leistungsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit lassen sich in der Praxis Beispiele dafür finden, dass Schalldruckpegel weniger aussagefähig sind als andere Parameter. So können z.B. CD-ROM-Laufwerke, die ständig beschleunigen und abbremsen, ebenso wie geregelte Lüfter zwar eine Reduzierung des zeitlich gemittelten Pegels erreichen, jedoch wird hierdurch die Aufmerksamkeit belastet. In bestimmten Fällen (Abhören von Audio-CDs) kann die Wahrnehmung der abgerufenen Information beeinträchtigt werden.

Bei den von uns ausgewerteten Daten kommt noch hinzu, dass ein Teil der untersuchten Produkte Komponenten zum Einbau sind, z.B. Festplattenlaufwerke und CD-ROM-Laufwerke, während vergleichbare Produkte der gleichen Gattung in eigenem Gehäuse betrieben werden. Im Falle von CD-ROM-Laufwerken können die Emissionsdaten weitgehend vergleichbar sein, weil die Geräuschübertragung durch die vordere Klappe begünstigt wird. Zudem werden CD-ROM-Laufwerke häufig manuell bedient und befinden sich in einer vorhersehbaren Entfernung vom Benutzer. Somit sind die ermittelten Werte ebenso gut oder schlecht zutreffend wie es andere Messwerte, z.B. an Gehäusen, auch sein können.

Anders hingegen verhält es sich mit akustischen Messungen an Plattenlaufwerken. Die Einbauversionen von ihnen sind häufig durch das Gehäuse sehr gut abgeschirmt, so dass die Geräuschemissionen ausschlaggebend durch den Einbau und durch die Qualität des Gehäuses bestimmt werden. Die externen Festplattenlaufwerke bedürfen meist keiner Bedienung und werden möglichst

weit weg vom Benutzer aufgestellt. Bei Fernsehanstalten (Videoschnitt am Computer) werden sie sogar in Schränke eingebaut, die auch die Wärmeemissionen aus dem Raum abführen. Daher ist die Aussagefähigkeit der Messwerte für den Arbeitsplatz zumindest eingeschränkt.

4.1.5 Vergleichbarkeit

Eine Vergleichbarkeit von Messwerten liegt vor, wenn ein reliables Verfahren angewendet wurde, das alle für den Vergleich relevanten Merkmale erfasst. Sofern man aus den erfassten Daten andere extrahieren kann, können auch Daten miteinander verglichen werden, die nicht auf der gleichen Skala gemessen worden sind. So lässt sich ein Schallereignis, dessen Spektrum bekannt ist, mit einem anderen vergleichen, von dem nur der Schalldruckpegel gemessen wurde. Allerdings kann der Vergleich nur bezüglich der Schalldruckpegel erfolgen, da eine Ableitung des Spektrums aus dem Pegel nicht mehr möglich ist.

Die Vergleichbarkeit von Daten, die im Internet zu finden sind, ist zu einem großen Teil nicht möglich, da die Deklarierung nicht präzise ist. So enthielten nur 358 der 3480 Dokumente, die mit dem Stichwort "ISO 7779" gefunden wurden, das Stichwort "ISO 9296" (Stand 25. Juli 2001). Wenn man zusätzlich nach "operational mode" bzw. "mode of operation" suchte, blieben nur 81 Dokumente übrig. Bis auf drei Ausnahmen waren alle gefundenen Dokumente in "pdf"-Format, woraus man entnehmen kann, dass die üblichen Seiten im WWW, die die meisten Suchmaschinen finden, d.h. Seiten in html-Format, nicht alle für eine Vergleichbarkeit notwendigen Daten enthalten. In den stichprobenartig durchgesehenen Dokumenten wurde kein Hinweis darauf gefunden, unter welchen Umständen die Messung vorgenommen worden war. Dies muss auch nicht angegeben werden. Allerdings sollten wenigsten die angegebenen Daten einheitlich und unmissverständlich angeführt werden (s. Bild 2). Von der Firma, deren Produktangaben unten angeführt sind, stammten 1150 der 3480 Dokumente, die im Internet gefunden wurden, d.h. 33%! Zu einem späteren Zeitpunkt wurden unter Eingabe des Herstellers und "dB(A)" sowie "ISO 9296" 453 Dokumente gefunden, von denen aber nur 28 den Suchbegriff "ISO 7779" enthielten, davon nur drei in Englisch, der Rest in Japanisch oder Polnisch (Stand 5. Nov. 2001).

Wie Bild 2 zeigt, werden Daten, die von einem Hersteller stammen, dem die Existenz und die Bedeutung der Normen ISO 7779 und ISO 9296 bekannt ist, sowohl von ihm als auch von seinen Vertretern in verschiedenen Ländern auf unterschiedlichste Art angegeben ("ISO 7779", "Sound level", "Acoustic noise", "Geräuschpegel" oder schlicht "Noise". Man kann ohne Mühe auch andere Varianten finden als im Bild dargestellt, z.B: "Geräuschpegel: 38 dB(A) (ISO 9296) während des Drucks" (entnommen aus http://www.novodrom.com). Es gibt sogar Seiten, auf denen die Produkte dieser Firma aufgelistet sind, wobei ein Teil der Geräuschangaben mit ISO 7779 gekennzeichnet werden und der Rest mit ISO 9296.

Da die im Internet gefundenen Daten häufig auch in Produktdokumenten zu finden sind, ist die Vergleichbarkeit der verfügbaren Daten im Allgemeinen nicht hinreichend gegeben.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Bild 2 Varianten der Schallemissionsangaben für gleichartige Produkte (Drucker) ein und derselben Firma, gefunden am selben Tag

Geräuschpegel:
ca. 48 dB(A) (ISO 7779) während des Drucks

Stromversorgung:

Sound Level	47 dB(A)
Printer Language	Epson ESC/P2, IBM X24E, optional Adob

Acoustic Noise	Approx. 50 dB(A) (ISO 7779 pattern)
Environmental Conditions	Temperature: 41 ot 95° F; 5 to 35° C

Geräuschpegel
ca. 55 dB(A) (ISO 7779)

Power Consumption	Operating : 200W or less (Draft rolling ASCII) Idling : 40W or less
Noise	57 dB max. in draft mode (ISO 7779) 55 dB max. in quiet mode (ISO 7779)

4.1.6 Zur Aussagefähigkeit der physikalischen Daten

Um zu prüfen, welchen Verlust an Informationsqualität man in Kauf nimmt, wenn man anstelle der Lautheit in sone Schalldruckpegel in dB(A) angibt, wurden Messdaten über gleichartige Produkte verglichen. Eine solche Überprüfung ist naturgemäß in dem Pegelbereich sinnvoll, in dem die A-Bewertung und die Lautheitsbewertung theoretisch am meisten auseinander liegen, d.h. bei niedrigeren Pegeln. Aus diesem Grunde wurden zunächst Daten über Plattenlaufwerke ausgewertet, deren Pegel allesamt unter 50 dB(A) liegen mit Leerlaufpegeln bis unter 30 dB(A). Theoretisch müsste der Zusammenhang der beiden Bewertungen bei Leerlaufpegeln geringer sein als bei Betriebsgeräuschen.

Das Ergebnis der Prüfung zeigt Tab. 1. Man kann nach dieser Tabelle die Werte für Lautheit aus dem Schalldruckpegel mit einer recht hohen Genauigkeit vorhersagen, da die gemeinsame Varianz der beiden Vergleichsgrößen im Minimum 0,88, in drei von vier Fällen aber 0,95 und mehr beträgt.

Diese Aussage gilt allerdings nicht für den Einzelfall. So ist es durchaus möglich, dass zwei Geräte mit gleichem Schalldruckpegel unterschiedliche Lautheitswerte erreichen. Umgekehrt gilt, dass ein Gerät mit einem höheren physikalischen Pegel eine niedrigere Lautheit aufweist als ein Vergleichsobjekt mit einem niedrigeren Pegel.

Wir haben weiterhin geprüft, ob die getroffene Aussage nur für bestimmte Qualitäten von Geräuschen gilt. Denn Plattenlaufwerke weisen einen ähnlichen Aufbau auf, ihre Abmessungen sind standardisiert, möglicherweise sogar ihre Mechanik, ohne dass man dies äußerlich erkennen kann. Probeweise wurden Daten für Towergehäuse für Leerlaufbetrieb (hauptsächlich Lüftergeräusch), für Dauer-

Tabelle 1 Statistischer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schalldruckpegel und der Lautheit in sone für 43 bzw. 60 Plattenlaufwerken (Quelle c´t 2000)

Betriebszustand	Mittelwerte und Korrelationen für zwei Tests			
	Schallpegel[1] im Mittel dB(A)	Lautheit im Mittel sone	Korrelation R	gemeinsame Varianz R^2
Leerlauf I	31,6	1,2	0,9815	0,96
Betrieb I	38,5	2,1	0,9400	0,88
Leerlauf II	34,4	1,6	0,9787	0,96
Betrieb II	40,3	2,7	0,9738	0,95

1. Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa L_{pA}

zugriff auf das Plattenlaufwerk und für gleichzeitigen Zugriff auf Palettenlaufwerk und CD-ROM-Laufwerk ausgewertet. Das Ergebnis in Tab. 2 zeigt, dass man mit der Angabe der physikalischen Werte auch bei Geräuschen unterschiedlichsten Charakters eine recht gute Vorhersage der Lautheitswerte erreichen kann. Bei Tests mit CD-ROM- und DVD-Laufwerken (Daten aus c´t 15/99) wurden die höchsten Korrelationen zwischen den Schalldruckpegeln in dB(A) und der Lautheit in sone gefunden (0,98 bzw. 0,99, R^2 0,96 bzw. 0,99).

Tabelle 2 Statistischer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schalldruckpegel und der Lautheit in sone für 15 ATX-Tower Gehäuse (Quelle c´t 2000)

Betriebszustand	Mittelwerte und Korrelationen für Gehäuse			
	Schallpegel im Mittel dB(A)	Lautheit im Mittel sone	Korrelation R	gemeinsame Varianz R^2
Leerlauf	42,2	3,63	0,9514	0,91
Betrieb I	50,26	6,69	0,837	0,7
Betrieb II	56,53	11,73	0,9796	0,96

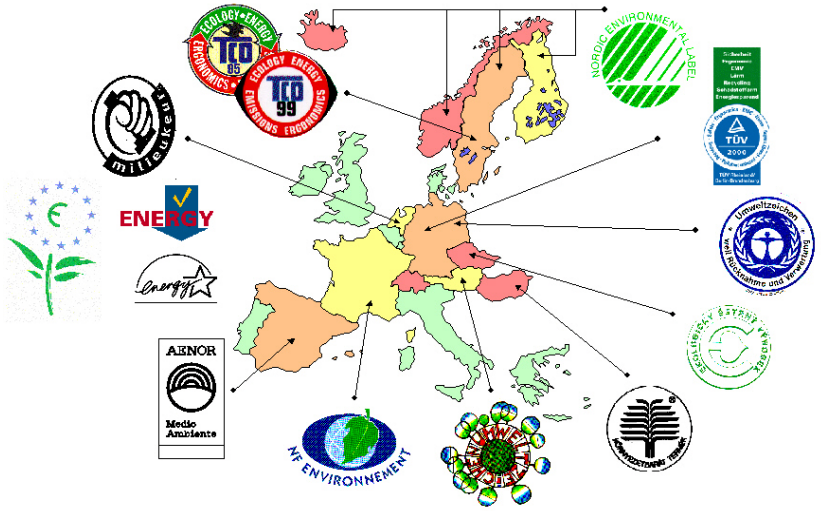
4.2 Vorgehen bei der Zeichenvergabe

4.2.1 Zur Natur der Zeichen

4.2.1.1 Hintergrund der “ECO-Zeichen”

In Europa werden diverse “ECO”-Zeichen für verschiedenartigste Produkte vergeben (Bild 3). Das älteste dieser Zeichen ist der “Blaue Engel”, dessen Geburtstag auf den 5. Juni 1978 datiert wird. Der “Blaue Engel” wird an Produkte vergeben, die umweltfreundlicher sind als Waren der gleichen Produktgruppe. Seinerzeit wurde der Begriff Umwelt nur in Verbindung mit der Natur verstanden, jedoch nicht im Sinne des Lebensraums von Menschen, der, zeitlich gesehen, ca. zu 90% aus geschlossenen Räumen besteht.

Bild 3 Europäische "ECO"- Zeichen



4.2.1.2 Der Blaue Engel und der "grüne" Computer

Die Entscheidung, welche Produktgattung den "Blauen Engel" bekommt und welche Anforderungen es erfüllen muss, fällt, wie bereits erwähnt, die unabhängige "Jury Umweltzeichen", in der Vertreter aus Industrie, Handel, Politik und Verbraucherverbänden zusammenarbeiten. Die fachliche Vorbereitung für die Vergabekriterien obliegt dem Umweltbundesamt. Vergeben wird das Zeichen vom RAL, dem Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (siehe "Auswertung von Daten des Umweltbundesamtes" auf Seite 6.)

Der „grüne" Computer ist ein Gerät, das sowohl bei der Herstellung als auch beim Gebrauch und schließlich der Entsorgung die Umwelt so wenig wie möglich belastet. Beiträge dazu sind nach Meinung des B.U.N.D in Deutschland ein geringer Stromverbrauch, weniger Verpackungsmüll, ein Verzicht auf gesundheitsschädliche Chemikalien, eine geringe elektromagnetische Strahlung und einfaches Recycling. In dieser Aufzählung fehlt die Geräuschemission.

4.2.1.3 Gemeinschaftsrecht in Europa

Auch die europäische Gesetzgebung bezüglich des "ökologischen" Personal Computers (1999/205/EG: "Entscheidung der Kommission vom 26. Februar 1999 zur Festlegung der Umweltkriterien fuer die Vergabe des Umweltzeichens der Gemeinschaft an Personal-Computer") berücksichtigt die Geräuschemission nicht. Allerdings kann sie durch die gesetzliche Regelung mittelbar positiv beeinflusst werden, weil der maximale Energieverbrauch wie beim US-amerikanischen Gegenstück "Energy Star" beim "Schlaf-" und "Tief-Schlaf-Zustand" sehr stark reduziert wird.

Das gleiche gilt für die EU-Verordnung zur Vergabe des europäischen Umweltzeichens (VERORDNUNG (EG) Nr. 1980/2000 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Juli 2000 zur Revision des gemeinschaftlichen Systems zur Vergabe eines Umweltzeichens). Auch in ihr wird die Geräuschentwicklung nicht erwähnt.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

4.2.1.4 "TCO XX" als Umweltzeichen

Der Begriff „Umweltzeichen" ist nicht eindeutig definiert, es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten, da bereits der Begriff „Umwelt" in der Fachliteratur in einer weiteren und einer engeren Definition verwendet wird. In der weitesten Fassung bezeichnet „Umwelt", „die Gesamtheit der Existenz bestimmenden Faktoren". Wie sich die Auffassung einer überschaubaren Organisation von einem solchen Begriff innerhalb kürzester Zeit ändern kann, zeigt die Entwicklung des "TCO"-Zeichens (Bild 4). Während sich der erste Vorgänger des Zeichens (MPR) weitgehend mit "Strahlung" beschäftigt hatte, stand bei TCO 95 die Wechselwirkung von Ergonomie und Ökologie im Vordergrund. In dem Logo von TCO 99 verschmolzen die Faktoren zu einer Einheit. Im nächsten Schritt (das neue TCO-Zeichen, derzeit nur in Schweden) wurden zwei weitere Faktoren (Ökonomie und Effektivität) aufgenommen. Somit ist das TCO-Label zwar noch nicht bei "allen Existenz bestimmenden Faktoren" angelangt, jedoch fehlt nicht mehr sehr viel dazu.

Bild 4 Entwicklung des TCO-Zeichens

TCO 99 berücksichtigt Geräuschemissionen für bestimmte Produkte (z.B. Drucker, Zentraleinheiten usw.) auf der Basis von ISO 7779 und ISO 9296. Seit dem 15. Januar 2000 wurden die geforderten Grenzwerte für klassifizierbare Produkte (z.B. Drucker nach Druckleistung) leistungsabhängig festgelegt.

4.2.1.5 ECO-Kreis vom TÜV Rheinland

Der ECO-Kreis vom TÜV (Bild 5) ähnelt in vielen Punkten dem TCO Zeichen, führt jedoch zusätzlich die "Sicherheit" an. Der Anforderungskatalog und die Vergabekriterien gelten für Bildschirmgeräte, PCs, Tastaturen und Notebooks bzw. deren eingebaute Komponenten, jedoch nicht für Drucker und sonstige IT-Produkte. Die geforderten Grenzwerte sind für alle Geräte einheitlich, es gelten die Werte der Komponente, die am höchsten sind. Es wird lediglich L_{WAd} (für Leerlauf und Betrieb) geprüft. Es wird angeführt, dass der deklarierte Schallleistungspegel angegeben werden soll, jedoch wird nicht erwähnt, wie

Bild 5 TÜV Eco-Kreis 2001

die Deklaration erfolgen soll. (Anm.: Die Geräuschemission von Tastaturen scheint nicht erfasst zu werden, da der angegebene Grenzwert von 55 dB(A) bei schnellem Schreiben häufig überschritten wird.)

4.2.1.6 Vergabegrundlagen für den "Blauen Engel"

Bei der Vergabe des "Blauen Engel" werden bei Druckern, Faxgeräten und Kopiergeräten jeweils drei Klassen nach Leistung gebildet, für die unterschiedliche Anforderungen (Grenzwerte) für den Schallleistungspegel gelten. Die Vergabegrundlagen werden für die Vergabe des ECO-Kreis-Zeichens als Literatur angeführt. Für beide gilt ISO 7779 bzw. EN 27779 als Messgrundlage. Bei allen Vergabegrundlagen wird ISO 9296 als Berechnungsgrundlage angeführt, allerdings in etwas veränderter Fassung: "*Das Zehnfache des nach Abschnitt 3.2.5 der ISO 9296 angegebenen deklarierten Schallleistungspegels L_{WAd} darf für Messungen im Druckbetrieb folgende Werte nicht überschreiten …*" Offenbar hält das Umweltbundesamt nicht viel von der Idee, Schallpegelangaben in B (Schallleistungspegel) und in dB (Schalldruckpegel) zu machen, damit man den Unterschied bereits an der Bezeichnung merkt.

4.2.2 Größen, Grenzwerte, Messverfahren

4.2.2.1 Blauer Engel

Der Blaue Engel wird für eine Reihe von IT-Produkten vergeben (Tab. 3). Die Produkte müssen nicht nur Grenzwerte für die Geräuschemission einhalten, sondern einer Reihe von Anforderungen genügen. Die erreichte "Güte" eines Produktes wird nicht nach Gewichtung der einzelnen Bewertungen beurteilt.

Wenn ein Produkt das Zeichen "Blauer Engel" verliehen bekommt, müssen die in diesen Grundlagen angeführten Grenzwerte eingehalten werden. Ob und um wieviel sie unterschritten werden, geht aus dem Zeichen nicht hervor.

In allen Fällen wird der deklarierte Wert einheitlich nach der gleichen Formel berechnet:

$L_{WAd} = L_{WA} + K$ $\qquad \sigma_M = 2{,}0$ dB(A) (s. ISO 9296)

$K = 1{,}5 \times \sigma_M$

$L_{WAd} = {}^*L_{WA} + 3$ dB(A) $\qquad 1{,}5 \approx$ Studentfaktor

* = Wert aus Einzelmessung

Tabelle 3 Produktgruppen, für die das Umweltzeichen "Blauer Engel" vergeben wird, und die Vergabegrundlage

Produktgruppe	Vergabegrundlage
Drucker bis 25 Seiten/Minute	RAL - UZ 85 vom Februar 2001
Faxgeräte	RAL - UZ 95 vom März 2001
Arbeitsplatz-Computer	RAL - UZ 78 vom Februar 2001
Komponenten von APC	RAL - UZ 78 vom Februar 2001
Tragbare Computer	RAL - UZ 93 vom Februar 2001
Kopiergeräte	RAL - UZ 62 vom Februar 2001
Notebooks	RAL - UZ 93 vom Februar 2001
Steuereinheiten für PC	RAL - UZ 78 vom Februar 2001

Die Unterschiede bestehen in den Grenzwerten für die Produktgattungen. Die Grenzwerte sind vermutlich wegen der Machbarkeit unterschiedlich festgesetzt worden und nicht aus Gründen der unterschiedlichen Beschaffenheit des emittierten Schalls (s. unterschiedliche Angaben für Drucker, Faxgeräte und PCs, Tab. 4 und Tab. 5).

Tabelle 4 Grenzwerte für den Schallleistungspegel L_{WAd} für Drucker und Faxgeräte in dB(A) für die Vergabe des "Blauen Engel"

Druckleistung (Seiten/Minute)	Tintenstrahldr. und Laserdrucker	Matrixdrucker	Faxgeräte
≤ 7	≤ 58	≤ 72[1]	≤ 58
7> und ≤ 14	≤ 62		≤ 62
> 14	≤ 67[1]		≤ 67

1. Der Antragsteller muss in den Produktunterlagen darauf hinweisen, dass Geräte mit einem Schallleistungspegel L_{WAd} ≥ 63 dB(A) nicht zum Einsatz in Räumen geeignet sind, in denen vorwiegend geistige Tätigkeiten verrichtet werden, und dass die Geräte deswegen in separaten Räumen aufgestellt werden sollten.

Tabelle 5 Grenzwerte für PCs und Komponenten für die Vergabe des "Blauen Engel"

	Schallleistungspegel	
	Betrieb dB(A)[1]	"Idling" dB(A)
PC oder Komponente	≤ 55	≤ 48

1. Die Schallleistungspegel werden in dB(A) angegeben, sollen jedoch gemäß ISO 9296 deklariert worden sein.

Bei Kopiergeräten wird anders gemessen: "*Der folgende A-Schallleistungspegel (Die Schallleistungspegel beziehen sich auf den "main body") L_{WAI} im Kopierbetrieb ist einzuhalten.*"

Die Bestimmung des Schallleistungspegels wird grundsätzlich nach Abschnitt 6 der DIN EN 27779 vorgenommen. Abweichend von Abschnitt 6 werden im Kopierbetrieb die Schallleistungspegel auf der Hüllfläche mit einem Präzisions-Impulsschallpegelmesser, der die Anforderungen für die Klasse 1 der IEC-Publikation 651 erfüllt, in der Stellung "Impuls" gemessen.

Die Messwerte bilden die Grundlage für die Bestimmung des Impuls-Schallleistungspegels L_{WAI}. Im Bereitschaftsbetrieb ("Standby", vgl. Anhang 6 zur Vergabegrundlage RAL-UZ 62) ist der angegebene A-Schallleistungspegel L_{WA} einzuhalten (Messung nach DIN EN 27779).

Tabelle 6 Grenzwerte für Kopiergeräte in dB(A) für die Vergabe des "Blauen Engel" (Für "Betrieb" wird der Impuls-Schallleistungspegel gemessen, für "Standby" der A-Schallleistungspegel, allerdings nur für die unterste Leistungsklasse.)

Kopierleistung (Seiten/Minute)	Impuls-Schallleistungspegel (Betrieb) L_{WAI} (dB(A))	Schallleistungspegel (Standby) L_{WA} (dB(A))
≤ 30	≤ 58	≤ 40
≤ 50	≤ 62	nicht erforderlich[1]
≤ 70	≤ 67	nicht erforderlich

1. Vermutlich aus dem Grunde, dass Geräte dieser Leistungsklasse und besser nicht in Arbeitsräumen aufgestellt werden, in denen andere Arbeiten verrichtet werden.

Für Tastaturen sind keine Grenzwerte vorhanden, ebensowenig für Einzelkomponenten, die nur in Zusammenhang mit dem Hauptgerät (Zentraleinheit) betrachtet werden. (Anm.: Wenn man die von der ECMA veröffentlichten Werte für Tastaturen zu Grunde legt (Bild 14 auf Seite 45), dürfte es recht schwierig werden, einen "Blauen Engel" für ein System zu bekommen.)

4.2.2.2 TCO 99

TCO 99 berücksichtigt nur Arbeitsmittel, die am Bildschirmarbeitsplatz zum Einsatz kommen (Monitor, Zentraleinheit, Tastatur und Drucker). Da TCO 99 nicht nur ein "ECO"-Zeichen ist, werden mehr Werte gemessen und angegeben als beim "Blauen Engel". Zudem wird verlangt, anzugeben, ob ein Gerät ein breitbandiges Spektrum emittiert oder auch diskrete Töne, die aber nicht in die Bewertung eingehen.

Die Messung ist nach ISO 7779 bzw. EN 27779 oder einem äquivalenten Verfahren durchzuführen. Die Daten müssen gemäß ISO 9296 deklariert werden. Der Emissions-Schalldruckpegel ist für "Standby", "low-power" und "Betrieb" (mit der Komponente, die den höchsten Schalldruckpegel erzeugt) zu deklarieren.

Für Drucker werden Grenzwerte für den Schallleistungspegel angegeben, die eingehalten werden müssen (Tab. 8). Der Schalldruckpegel am Arbeitsplatz soll angegeben werden (Tab. 7). (Anm.: Die Angaben für Drucker sind zum 15. Januar 2000 geändert worden, weil vermutlich die Werte für Tintenstrahldru-

cker und Nadeldrucker nicht realistisch waren. Auch die jetzt gültigen Werte wird kaum ein Farblaserdrucker einhalten können.) Für Nadeldrucker werden andere Grenzwerte vorgegeben (Tab. 9, Tab. 10).

Tabelle 7 Grenzwerte für den Schalldruckpegel für Drucker (Laserdrucker und Tintenstrahldrucker) in dB(A) für die Vergabe des TCO 99-Zeichens

Druckleistung (Seiten/Minute)	Schalldruckpegel	
	Betrieb	Standby und low-power
1 - 7	≤ 48	≤ 40
8 - 14	≤ 50	≤ 40
15 - 20	≤ 55	≤ 52
über 20	≤ 62	≤ 52

Tabelle 8 Grenzwerte für den Schallleistungspegel L_{WAd} für Drucker (Laserdrucker und Tintenstrahldrucker) in B(A) für die Vergabe des TCO 99-Zeichens

Druckleistung (Seiten/Minute)	Schallleistungspegel	
	Betrieb	Standby und low-power
1 - 7	≤ 5,5	≤ 4,3
8 - 14	≤ 6,0	≤ 5,0
über 14	≤ 6,5	≤ 5,5

Tabelle 9 Grenzwerte für den Schallleistungspegel L_{WAd} für Matrixdrucker in B(A) für die Vergabe des TCO 99-Zeichens

Druckleistung (Punkte/s)	Schallleistungspegel	
	Betrieb	Standby und low-power
1 - 299	≤ 6,0	≤ 4,5
300 - 499	≤ 6,5	≤ 5,0
über 499	≤ 7,0	≤ 5,5

Tabelle 10 Grenzwerte für den Schalldruckpegel für Matrixdrucker in dB(A) für die Vergabe des TCO 99-Zeichens

Druckleistung (Punkte/s)	Schalldruckpegel	
	Betrieb	Standby und low-power
1 - 299	≤ 52	≤ 40
300 - 499	≤ 55	≤ 40
über 499	≤ 58	≤ 40

Für Systemeinheiten wird nur der Schallleistungspegel begrenzt (Tab. 11). Er muss mit der lautesten Komponente im Betrieb gemessen werden.

Tabelle 11 Grenzwerte für Schallleistungspegel für Systemeinheiten in B (A) für die Vergabe des TCO 99-Zeichens

	Schallleistungspegel	
	Betrieb	"Idling"
Unit with fan	≤ 5,5	≤ 4,8

4.2.2.3 ECO-Kreis

Die Anforderung für die Vergabe des Zeichens (Bildschirmgeräte, Personal Computer, Tastaturen, Notebooks/Laptops lautet) (ECO-Kreis 2000, 01.2000, S. 17): "*Die folgenden Grenzwerte für die Geräuschemission (deklarierter Schallleistungspegel L_{WAd}, A-Bewertung in dB) sind einzuhalten und werden nach DIN EN 27779 ermittelt*" (Tab. 12):

Tabelle 12 Grenzwerte für die Vergabe des ECO-Kreises

Produkt / Operation	PC	Notebook/Laptop
Im Leerlauf	48 dB(A)	48 dB(A)
Im Arbeitsbetrieb, während des Zugriffs auf die Festplatte etc., je nachdem, welche Operation das Maximum ergibt	55 dB(A)	55 dB(A)

Für Drucker gelten andere Werte, die in einem Dokument mit der gleichen Nummer wie oben (ECO-Kreis 2000, 01.2000) wie folgt angegeben werden:

Tabelle 13 Grenzwerte für die Vergabe des ECO-Kreises an Drucker

Druckleistung pro Minute gemäß Herstellerangabe	Geräuschemission
≤ 7	58 dB(A)
8 - 14	62 dB(A)
> 14	67 dB(A)

Die Grenzwerte entsprechen denen vom Umweltbundeamt für die Vergabe des "Blauen Engel". Es wird aber nicht verlangt, dass Geräte mit einem Schallleistungspegel über 63 dB(A) gekennzeichnet werden müssen.

Es wird kein Bezug auf ISO 9296 genommen. Die Schalleistungswerte werden in dB(A) anstatt in B angegeben.

Für Tastaturen wird kein Wert eingegeben. Wenn man die PCs mit Tastatureinsatz messen würde, würden viele Geräte vermutlich die Grenzwerte nicht einhalten können.

4.3 Überprüfung der Auswirkungen technischer Entwicklungen auf Geräuschemissionen

4.3.1 Anlass der Überprüfung

Sowohl bei Journalisteninterviews als auch während des Symposiums wurde darauf hingewiesen, dass sich die technische Entwicklung dahingehend ausgewirkt habe, dass der "Lärmpegel", der von IT-Produkten verursacht wird, nicht mehr von den "üblichen Verdächtigen", d.h. von Druckern, Festplattenlaufwerken, CD-ROM-Laufwerken usw., bestimmt wird. In einem üblich technisierten Büro wäre das Leerlaufgeräusch von Maschinen, insbesondere von Lüftern, das prägende Element für die gesamte akustische Umwelt. Bei kleineren Druckern wäre die wichtigere Geräuschquelle nicht das Drucken selbst bzw. die Komponenten, die daran beteiligt sind, sondern eher das Handling des Papiers.

Um diese Aussagen an Hand von realen Daten zu prüfen, wurden vergleichbare Produkte aus den letzten Jahren herausgesucht. Eine sehr verbreitete Produktgattung mit Lüftern sind ATX[1]-Gehäuse, die mit entsprechenden Bauteilen zu einem PC ausgebaut werden. Für diese liegen Daten aus der gleichen Redaktion aus den Jahren 1997 und 2000 vor.

4.3.2 Vergleich von Geräuschemissionen von PC-Gehäusen

4.3.2.1 Ausgewertete Daten

Der Vergleich (13 Gehäuse 1997, 15 Gehäuse 2000) zeigt, dass die Behauptung durchaus zutreffen kann (Tab. 14). Zum einen ist der Geräuschpegel von Plattenlaufwerken signifikant zurückgegangen, was man nicht nur mit den für diesen Vergleich ausgewerteten Daten belegen kann, zum anderen hat die Geräuschemission der Geräte im Leerlauf signifikant zugenommen. Dies lässt sich zumindest teilweise auf Lüfter zurückführen. Welcher Lüfter hierbei die größere Rolle gespielt hat, lässt sich den Berichten über die Untersuchungen nicht entnehmen, da die für die Tests eingebauten Prozessoren unterschiedlich waren.

Tabelle 14 Vergleich von Geräuschemissionen (entspricht etwa L_{pA}) von ATX-Gehäusen (Quelle der Daten: c´t Archiv 1990 - 2000)

	1997[1]		2000[2]	
	Leerlauf	m. Plattenzugr.	Leerlauf	m. Plattenzugr.
Mittelwert	37,42	53,87	42,22	50,26
Standardabw.	4,16	1,09	1,71	1,72
Änderung	–		>>	<<
Signifikanz[3]	–		***	***

1. Kein CD-ROM-Laufwerk benutzt
2. Messentfernung nicht im Bericht spezifiziert, nach Angaben der Redaktion 50 cm
3. zweiseitiger t-Test

1. ATX = INTEL Spezifikation für die Architektur von PC-Hauptplatinen seit 1995. Das Format der Hauptplatine bestimmt das Format des Gehäuses.

Betrachtet man die Korrelationen der Geräuschemissionsdaten untereinander (Tab. 15), stellt man einige Auffälligkeiten fest. So betrug die Korrelation zwischen dem Zustand "Leerlauf" und "Betrieb" im Jahre 1997 0,64. Das bedeutet, dass die Variationen des einen Werts zu 41% durch die des anderen bestimmt sind. Die Korrelation für die Geräuschemission im Leerlauf und bei Plattenzugriff mit 0,17 erwartungsgemäß gering. Das Geräusch wurde somit von dem Laufwerk (Geräuschentwicklung des Schreib-/Lesekopfes) dominiert. Das ist nicht überraschend, da der Geräuschpegel der Laufwerke beim Plattenzugriff im Mittel um ca. 9 dB höher lag als bei Leerlauf (Tab. 16). Hingegen betrug bei dem Test im Jahre 2000 die Korrelation zwischen dem Leerlaufgeräusch und dem Betriebsgeräusch mit Zugriff auf beide Laufwerke 0,67, was eine gemeinsame Varianz von 45% bedeutet. Da sich die beiden Pegel im Mittel um 14 dB(A) (Tab. 17) unterscheiden, kann das Leerlaufgeräusch die Geräuschemission beim Plattenzugriff nicht erheblich mitbestimmt haben. Daher kann die Korrelation nur durch einen nicht erfassten Faktor verursacht worden sein. (Anm.: Nicht erklärbare Korrelationen können auch zufällig entstanden sein, jedoch sind Zufallskorrelationen in der Höhe von 0,67 praktisch nicht möglich.)

Tabelle 15 Vergleich von Korrelationen von Geräuschemissionen von ATX-Gehäusen (Quelle der Daten: c´t Archiv 1990 - 2000)

	1997		2000	
	Leerlauf	m. Plattenzugr.	Leerlauf	m. Plattenzugr.
Leerlauf	–	0,17	–	0,67[1]
Betrieb	0,64	0,33	0,37	0,22[2]

1. Zugriff auf Festplatte und CD-ROM
2. Normalbetrieb und CD-ROM

Über die Ursache dieser Zusammenhänge kann nur spekuliert werden. Man kann aber, wenn konservativ interpretiert werden soll, die Schlussfolgerung ziehen, dass die Brauchbarkeit der Daten für den in diesem Vorhaben verfolgten Zweck nicht hinreichend hoch sein kann, wenn 45% der Varianz der Daten durch Zufall erklärt werden. Das bedeutet naturgemäß nicht, dass die gemessenen Daten selbst unbrauchbar wären. Für den Käufer oder Benutzer der namentlich bezeichneten Produkte sind sie zutreffend. Wir können aber keine Systematik hieraus ableiten.

Tabelle 16 Geräuschemissionsdaten für ATX-Gehäuse aus dem Jahre 1997 (Quelle der Daten: c´t Archiv 1990 - 2000)

Produkt	Leis-tung (W)	Geräuschpegel[1] dB(A)		
		Leerlauf[2]	Betrieb	Plattenzugriff
HX 45	235	38,1	43,7	53,3
CS-133a	250	37,5	42,1	53,1
CTT	235	39,7	45,0	55,6
A6751	200	39,8	43,1	53,8
HIP-1110-ATX	235	39,9	44,7	54,3
D218-ATX	200	29,5	42,9	52,3
AEGIS-T-5AB	235	37,5	45,5	55,1
6890A	250	42,6	45,9	52,7
IW-A 500ATX	235	36,7	43,5	52,1
DISCOVERY	200	32,8	41,3	54,4
TH-983	250	33,9	45,0	54,6
YY-0210	200	33,7	44,9	54,5
YY-0240	200	44,7	50,3	54,5
Mittelwert		**37,4**	**44,5**	**53,9**
Standardabw.		**4,16**	**2,23**	**1,09**

1. Die Angabe der Ziffern hinter dem Komma ist dem Original entnommen. Sie ist nur rechnerisch relevant, da sie eine nicht vorhandene Genauigkeit suggeriert.
2. Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa L_{pA}

Tabelle 17 Geräuschemissionsdaten für ATX-Gehäuse aus dem Jahre 2000 (Quelle der Daten: c´t Archiv 1990 - 2000)

Produkt	Leistung (W)	Geräuschpegel[1] dB(A)		
		Leerlauf[2]	Betrieb	Plattenzugriff
Midi Tower ATX 250 W	250	43,35	52,88	56,92
Midi Tower Avance ATX	250	42,09	50,57	55,93
Home-Line Midi-Tower ATX	300	43,33	48,95	56,48
Aopen HQ 45 A Blau ATX	250	42,24	50,01	54,75
Midi Tower YY 5401 ATX 235 W	235	40,89	48,62	55,72
Midi Tower Inter-Tech 250 W, ATX	250	44,47	50,12	59,07
M.Juno P3 Green	300	37,76	50,31	52,35
Midi Tower ATX 250 W	250	43,57	55,22	57,25
i-Midi-Tower rot	250	40,87	47,28	56,35
Midi-Tower Profi ATX	250	43,76	49,67	56,03
Linkworld Midi-Tower ATX 250 W	250	44,15	51,33	58,01
Exclusiv Midi-Tower ATX	250	40,94	48,61	55,88
Midi ATX Tower PC 608B	250	42,31	50,85	56,61
Midi-Tower Design 656-300	300	41,59	50,75	59,61
Design Gehäuse IX-3b Blau	250	42,02	48,80	57,00
Mittelwert		**42,2**	**50,3**	**56,5**
Standardabw.		**1,71**	**1,92**	**1,72**

1. Die Angabe der Ziffern hinter dem Komma ist dem Original entnommen.
2. Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa LpA

Analysiert man die Details der Tests, kann man aus diesem Vergleich auch andere Schlussfolgerungen für das Vorhaben ziehen:

- Die Streuungen der Daten (Standardabweichung) sind sehr gering. Berücksichtigt man z.B. die Werte für den Test aus dem Jahre 2000, bei dem die Standardabweichung für 15 unterschiedliche Produkte nur 1,7 beträgt und sich somit von der Streuung von Messwerten an einem einzigen Exemplar nicht deutlich unterscheidet, wäre die Annahme berechtigt, andere Faktoren als die baulichen Unterschiede der Probanden hätten die ausschlaggebende Rolle gespielt.
- Treten Geräuschemissionen gemischt auf und unterscheiden sich nicht nur im Pegel um ca. 14 dB(A), sondern auch in der Dauer (Dauergeräusch und zeitweiliges Geräusch) sowie in der Beschaffenheit (Breitbandemission und impulshaltige), sind Zweifel angebracht, ob die Messwerte gleichartigen Empfindungen zugeordnet werden können.

4.3.2.2 Nicht ausgewertete Daten über Gehäuse

Die Herstellung von PC-Gehäusen ist, erkennbar an dem massierten Auftritt der Hersteller auf der CEBIT 2001, eine industrielle Fertigung im großen Maßstab geworden, die weitgehend im Fernen Osten stattfindet. Nur wenige Hersteller, die wir kontaktiert haben, hatten die Absicht, die Geräuschentwicklung ihrer Produkte prüfen zu lassen, u.a., weil sie nicht wissen, was später in diese Gehäuse eingebaut wird. An den Gehäusen ließe sich zudem nur das Lüftergeräusch messen. Dieses Element können die Hersteller der Gehäuse aber nach Kundenwunsch wählen und somit auch sehr leise Lüfter einbauen, die man durch eine entsprechende Software noch leiser betreiben kann. Es ist aber nicht im Interesse eines Herstellers, standardmäßig die leisesten, und deswegen meistens auch die teuersten, Lüfter einzubauen, weil er sich damit die Chancen bei einem diesbezüglich uninteressierten Kunden verringert. Die an der Zahl der angebotenen Produkte gemessen wenigen Daten würden ein schiefes Bild ergeben und wurden daher nicht berücksichtigt.

Der zweite Grund für die Nicht-Berücksichtigung der Gehäusedaten war, dass Journalisten, die Tests mit Gehäusen durchführen, häufig über Identifizierungsprobleme berichtet haben. Während man den Ursprung der Gehäuse recht zuverlässig im Fernen Osten verorten kann, ist es nicht gleichermaßen einfach, ihren Weg zum Verbraucher nachzuvollziehen. Manches Produkt ändert auf dem Vertriebswege seinen Namen, andere sogar ihren Charakter. So lassen sich z.B. EMV-relevante Eigenschaften der Gehäuse durch einige gekonnte Handgriffe erheblich verbessern. Nicht jeder Distributor ist bereit, der Öffentlichkeit seine Quellen zu nennen.

4.3.3 Vergleich von Geräuschemissionen von Plattenlaufwerken

Für diesen Vergleich stehen Daten von 331 Produkten zur Verfügung, die unter gleichen Bedingungen getestet worden sind (Bögeholz, 2000). Die Tests sind in den letzten Jahren durchgeführt und veröffentlicht worden. Aus den Daten lassen sich diverse Erkenntnisse statistisch ableiten. Jedoch zeigt bereits ein Blick in die Liste der relevanten Daten, dass die meisten Produkte nicht mehr zu erwerben sind. Das hat auch die Redaktion im Text des Artikels vermerkt. Der Grund für diesen Zustand besteht in der stürmischen Entwicklung bei magnetischen Laufwerken und sonstigen Speicherelementen. Heute ist in vielen Computern zehn- bis zwanzigmal mehr Arbeitsspeicher eingebaut als Mas-

senspeicher vor etwa 10 Jahren. Und was vor zwei Jahren die Spitze der technischen Leistungsfähigkeit dargestellt hat, ist seit einigen Monaten nicht mehr verfügbar, weil für den Markt vollkommen irrelevant. Kostete 1980 ein Megabyte Massenspeicher noch 300 DM, so zahlte man 1990 nur noch 10 DM. Im Frühjahr 2000 kostete der Megabyte sogar nur noch 15 Pf, während man heute in der Presse etwa dies lesen kann "*Wer sich das Monster mit den 100 Gigabyte bestellen möchte, kann dieses jetzt für 599 DM bei XXX tun*!" Nur ein Jahr danach liegt der Preis pro Gigabyte somit unter dem Preis von einem Megabyte von 1990.

Diese an sich sehr erfreuliche Entwicklung hat die meisten verfügbaren Daten über Geräuschemissionen obsolet werden lassen, eine Aussage, die nicht unbedingt für die Bedeutung der Geräuschemission zutrifft. Die neueren Plattenlaufwerke werden auf Geschwindigkeit oder Speicherdichte hochgezüchtet und verursachen gerade deswegen einen unnötig hohen Geräuschpegel. Zusammen mit den ebenfalls hochgezüchteten Prozessoren, deren Kühlung u.U. mehr Lärm verursacht als einer guter Tintenstrahldrucker, sorgen sie für eine Geräuschkulisse, auf die die meisten Benutzer getrost verzichten könnten, weil sie weder die gebotene Prozessorleistung benötigen noch die Speicherkapazität. Allerdings muss man der Gerechtigkeit halber erwähnen, dass die neuen "Monsterplatten" nicht etwa lauter sind als die alten mit einem Bruchteil an Speicherkapazität der neuen Laufwerke (Tab. 18). (Anm.: Die Daten sind im gleichen Labor, allerdings mit unterschiedlichen Messentfernungen erhoben worden. Aus diesem Grund geben die Zahlenwerte nicht notwendigerweise den tatsächlichen Unterschied in der Geräuschemission wieder. Deswegen werden die Differenzen nicht interpretiert. Nach Aussagen der Redaktion sind die Geräuschemissionen der Plattenlaufwerke tatsächlich entscheidend gesunken.)

Tabelle 18 Einige charakteristische Daten für Festplatten und Geräuschemissionen

Eigenschaft	Festplatten getestet von c´t im Jahr			
	1996		2001	
Speicherkapazität MB	1696		31493	
Umdrehungsges U/min	4678		6182	
Datentransfer Lesen MB/s	4,1		25	
Datentransfer Schreiben MB/s	4,1		25	
Leerlaufgeräusch dB(A) (σ)	36	(2,76)	31	(2,87)
Betriebsgeräusch dB(A) (σ)	45	(4,41)	36	(2,89)

Welche Information der Benutzer bzw. Verbraucher aus der Vielzahl verfügbarer Daten benötigt und welche für viele nützlich sein könnte, muss hinterfragt werden. Mit Sicherheit lohnt es sich nicht, Daten für einzelne Produktmodelle aufzubereiten, wenn es wahrscheinlich ist, dass die Veröffentlichung länger dauert als die Produktlebensdauer am Markt. Diese Erwartung trifft für Festplatten zu, bei denen sich eine stürmische Entwicklung vollzieht.

Eine wesentlich bessere Information kann erzielt werden, wenn man bestimmte Produktmerkmale mit Einfluss auf die Geräuschemission herausstellt, so z.B. die Speicherkapazität, die aus nahe liegenden Gründen in Frage käme. Dass diese Größe sich nicht eignet, lässt sich aber bereits aus Tab. 18 ablesen: Bei einer Zunahme der Speicherkapazität um den Faktor 19 in nur fünf Jahren haben die Geräuschemissionen im Mittel nicht etwa zugenommen, sondern erheblich abgenommen. Ein zweites Indiz für die gleiche Feststellung bilden die Korrelationen zwischen der Speicherkapazität und der Geräuschemission (Bild 7, Daten c´t ROM 1990 - 2000): Sie waren, für jeden Jahrgang getrennt berechnet, gering. Somit scheidet die Speicherkapazität als relevante Größe für eine Klassifizierung von Laufwerken aus.

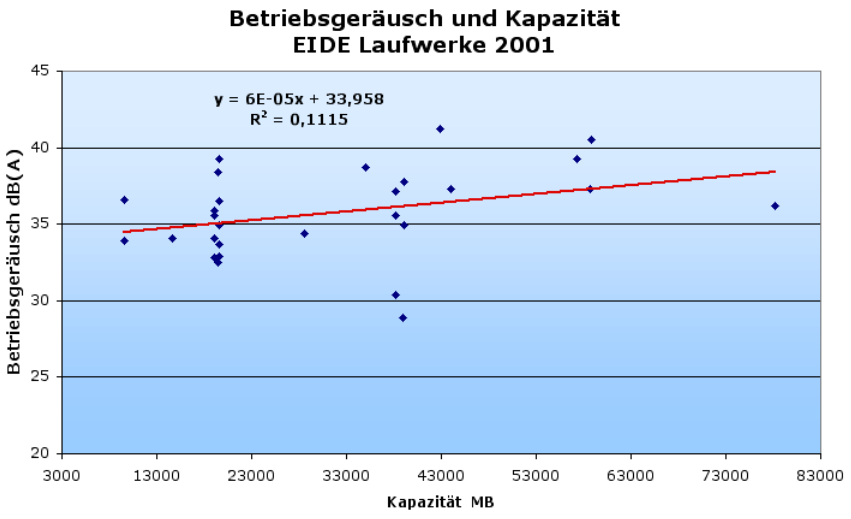
Nach der derzeitigen Lage kann man die Umdrehungszahl der Laufwerke als bestes Klassifikationsmerkmal ausmachen (Bild 7, Daten c´t ROM 1990 - 2000). Andere Größen wie Datentransferrate usw. zeigen hingegen keinen Zusammenhang zu der Geräuschemission (Bild 8).

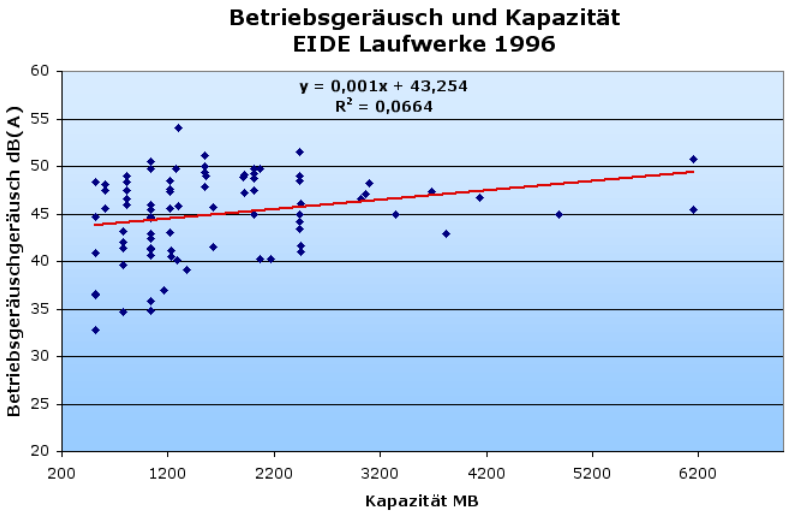
So gut sich eine große Datenmenge für eine statistische Analyse eignet, so gering kann ihr Wert für Adressaten sein, die sich nicht für diesbezügliche Fragen interessieren, sondern Daten für künftige Beschaffungen bzw. Planungen suchen. Für sie werden die Daten über die Geräuschemissionen von Plattenlaufwerken ohne weitere Maßnahmen nicht sehr nützlich sein, weil die Eigenschaften des Gehäuses, in das das Laufwerk eingebaut wird, einen größeren Einfluss ausüben. Lediglich die Größenordnung (31 dB(A) bzw. 36 dB(A)) und die Streuung ($\sigma < 3$) können Anhaltspunkte liefern. Obwohl die angeführten Emissionswerte (31 dB(A) bzw. 36 dB(A)) gering scheinen mögen, stellen die Laufwerke zumindest in kleineren Büros bemerkbare Störquellen dar, weil Geräuschpegel (Umgebung) von 30 dB(A) in diesen Räumen keine Seltenheit darstellen, wenn die Gebäude gut geplant und gebaut worden sind.

Im Sinne der Lärmbekämpfung richtig handeln heißt in dieser Situation, dass man nicht nur leisere Laufwerke aussucht, sondern auch auf eine lärmmindernde Installation achtet.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

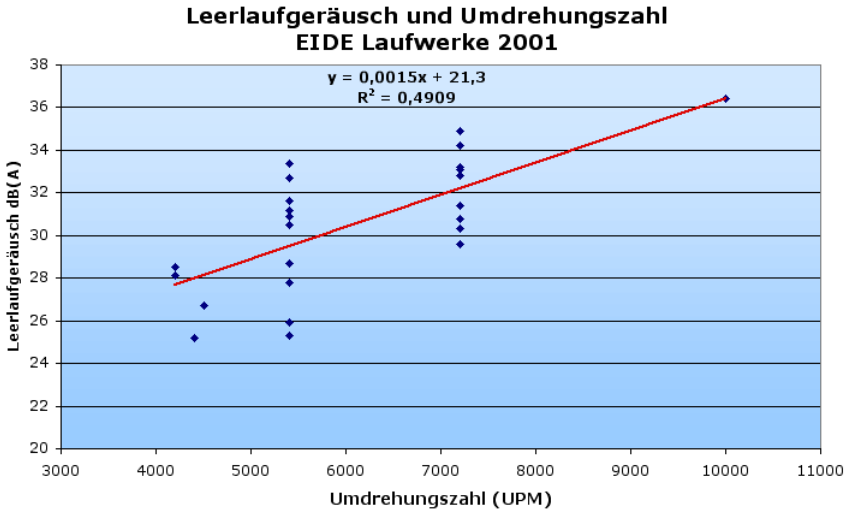
Bild 6 Korrelation der Geräuschemission (Betrieb) mit der Speicherkapazität von EIDE Laufwerken. Die Korrelationen für beide Jahrgänge sind klein (0,33 bzw. 0,26), die Steigerung der Kapazität um den Faktor ca. 20 war nicht mit einer entsprechenden Zunahme der Geräuschentwicklung verbunden. (Quelle der Daten: c´t Archiv 1990 - 2000, Daten aus dem Jahr 2001 gemessen in Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa L_{pA}, Daten aus dem Jahr 1996 gemessen in 25 cm Abstand)

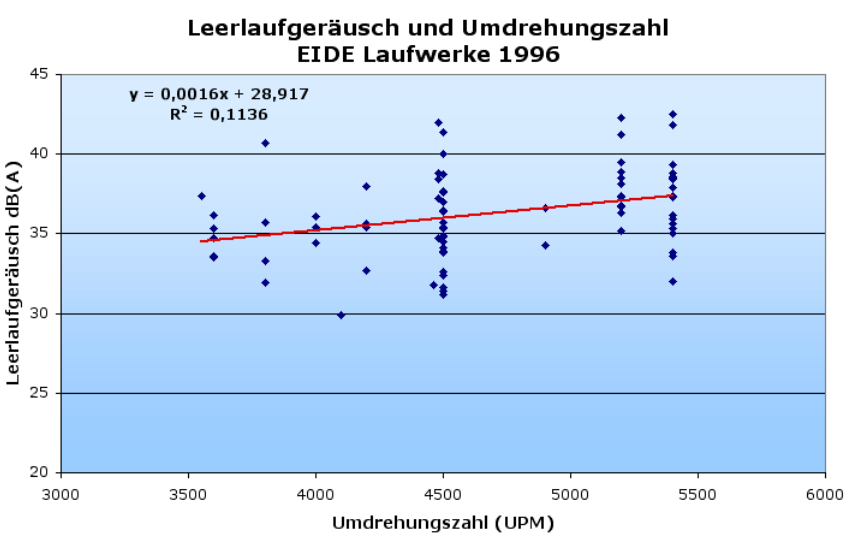




E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

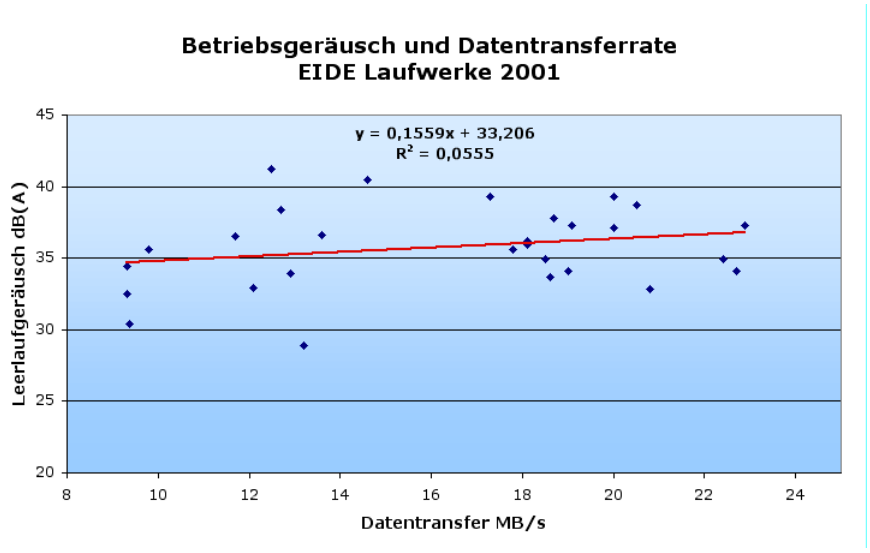
Bild 7 Korrelation der Geräuschemission (Leerlauf) mit der Umdrehungszahl von EIDE Laufwerken. Während die Korrelation im Jahre 1996 unbedeutend war, zeigt der Wert für 2001, dass das Leerlaufgeräusch zu 49% von der Umdrehungszahl bestimmt wird (Korrelation 0,7). (Erläuterung der Daten s. Bild 6)





E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Bild 8 Korrelation der Geräuschemission von EIDE-Laufwerken (Betrieb) mit der Datentransferrate. Sie ist praktisch Null. (Erläuterung der Daten s. Bild 6)



4.4 CD-ROM und DVD-Laufwerke

4.4.1 Vorbemerkungen

Die betrachteten Laufwerke arbeiten mit Wechselmedien. Daher werden sie im Computer griffgünstig eingebaut. Das bedeutet, sie befinden sich fast immer auf der dem Benutzer zugewandten Seite des Gehäuses. Da das Medium gewechselt werden muss, ist das Laufwerk fast immer mit einer Klappe ausgestattet, die nicht nur das Medium, sondern auch die Geräusche durchlässt.

Die eingebauten Laufwerke früherer Computer waren fast ausschließlich zum Lesen gedacht, bei neueren Computern werden auch kombinierte Lese-/ Schreib-Laufwerke eingebaut. Die letztere Aussage gilt nur für CD-Laufwerke (CD-ROM = Compact Disc Read Only Memory), da die DVD-Technologie (DVD = Digital Versatile Disc) neuer ist und die Medienrohlinge noch zu teuer.

Die Laufwerke unterscheiden sich in der Leistung durch ihre Leseleistung, die als Vielfache der einstigen Leistung der ersten Laufwerke angegeben wird (z.B: 40x). Mit der Leistungszunahme der Geräte war oberhalb 2x zunächst eine Zunahme der Geräuschemission verbunden, die zum einen durch die höhere Drehgeschwindigkeit des Mediums und zum anderen durch das ständige Auf- und Abbremsen verursacht wurde bzw. wird. Mit Ursache für dieses Verhalten ist die Herkunft der CD-ROM, die eigentlich als Audio-Medium entwickelt wurde, das ähnlich wie eine Schallplatte kontinuierlich abgetastet werden sollte. Die Geräuschemission kann auch durch Vibrationen mittelbar verursacht werden. Daher werden die Geräte bei Tests häufig zusätzlich mit exzentrischen Medien geprüft.

Gegen direkte bzw. durch Vibrationen verursachte Geräusche gehen Hersteller z.T. mit entsprechender Software vor, z.T. aber mit ausgeklügelten Techniken wie die TrueX-Technologie der Firma ZEN Research plc, London, die hohe Datentransferraten bei geringeren Umdrehungsgeschwindigkeiten als bei üblichen Laufwerken erreicht.

Die uns in den letzten drei Jahren bekannt gewordenen Laufwerke reichen in der Geräuschemission von ca 55 dB(A) (praktisch Dauergeräusch) am oberen Ende bis zu solchen, deren Geräuschemission neben dem Lüftergeräusch nicht mehr hörbar ist.

4.4.2 Schallemissionen von neueren CD-ROM und DVD-Laufwerken

Da die neueren Laufwerke (3 Jahre und jünger) zum einen technisch wesentlich besser sind und zum anderen sich in Computern mit besserer Treibersoftware befinden, sind nur Daten aus den letzten Jahren für eine Auswertung interessant.

Die hier ausgewerteten Daten stammen aus c´t 15/99 und c´t 21/00. Die Streubreite der Daten ergibt sich aus Mittelwert ± 2 Standardabweichung (entspricht 95%).

Bei den CD-ROM-Laufwerken lag der gemittelte Pegel fast 5 dB(A) über dem der DVD-Laufwerke bei etwa gleicher Streuung. Die Exzentrizität des Mediums hat bei den CD-ROM-Laufwerken zu einer geringen Erhöhung der Geräuschemission geführt, bei DVD hingegen zu einer Minderung.

Tabelle 19 Geräuschemissionen der CD-ROM und DVD-Laufwerke (Daten aus c´t 15/99, 18 CD-ROM, 9 DVD)

	Laufwerkart	
	CD-ROM	DVD
Betrieb mit Normalmedium	52,2 dB(A)[1]	47,5 dB(A)[1]
Standardabweichung	3,23	3,44
Betrieb mit exzentrischem. Medium	53,8 dB(A)[1]	44,9 dB(A)[1]
Standardabweichung	6,24	6,12
Korrelation mit Datenrate	0,01	0,65
Korrelation mit Zugriffszeit	- 0,44	0,41

1. Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa L_{pA}

Die Wiederholung der Untersuchung im Jahre 2000 ergab folgendes Bild:

Tabelle 20 Geräuschemissionen der CD-ROM und DVD-Laufwerke (Daten aus c´t 21/00, 10 CD-ROM, 8 DVD)

	Laufwerkart	
	CD-ROM	DVD
Betrieb mit Normalmedium	52,7[1] dB(A)[2]	53,0 dB(A)[2]
Standardabweichung	4,85	2,23
Betrieb mit exzentrischem. Medium	56,7 dB(A)[2]	56,6 dB(A)[2]
Standardabweichung	5,98	2,12
Korrelation mit Leseleistung	-,36	0,43

1. 54,8 dB(A) ohne Berücksichtigung des leisesten Laufwerks
2. Schalldruckpegel gemessen in 50 cm Abstand, entspricht etwa L_{pA}

Das interessante an dieser Tabelle ist die Pegeldifferenz der CD-ROM-Laufwerke üblicher Bauart (54,8 dB(A) im Mittel) zu dem leisesten Gerät (40,7 dB(A)) im Test, die mehr als doppelt so schnell ist als der nächst leisere mit 49,1 dB(A). Das Laufwerk ist mit der TrueX-Technologie ausgestattet und emittiert bei einer 72fachen Leseleistung 14 dB(A) weniger als der Durchschnitt der Geräte (32x bis 56x). Auch in dem Test vom Jahre 1999 war ein Produkt mit der TrueX-Technologie vertreten, dessen Geräuschemission um mehr als 10 dB(A) unter dem Durchschnitt der restlichen CD-ROM-Laufwerke lag.

4.5 Drucker

4.5.1 Vorbemerkungen zum Trend

Drucker sind Produkte, bei denen es zwar viele Neuentwicklungen gibt, sich die Geräuschemissionsdaten jedoch nicht so schnell ändern wie bei Plattenlaufwerken. So erzeugte der erste vom ERGONOMIC Institut begutachtete Tintenstrahldrucker im Jahre 1983 einen Emissions-Schalldruckpegel von 49 dB(A), der auch heute nicht unüblich ist. Viele Tintenstrahldrucker erzeugen einen höheren Schallleistungspegel als damals. Allerdings muss man berücksichtigen, dass die gelieferte Leistung eine völlig neue Dimension aufweist: Der Tintenstrahldrucker von 1983 war ein 7x9-Matrix-Drucker mit leidlich lesbarer Schrift, während heute viele Produkte fast Fotoqualität erreichen bzw. sogar Fotoqualität liefern.

Laserdrucker für Graustufendruck liefern die gleiche bzw. bessere Druckqualität wie einst Typenraddrucker bei einem mehr als 15 dB(A) niedrigeren Pegel am Arbeitsplatz. Die echte Dimension der Lärmreduzierung kann man aber erst ermessen, wenn man die Druckleistung einbezieht (16 Seiten/min statt 1/3 Seiten/min).

Nur Laserdrucker, die eine früher unbekannte Druckqualität liefern (> 12 Seiten/min Farbdruck mit 1200 dpi), erzeugen Geräuschpegel, die an frühere Büros erinnern. Legt man den Maßstab des Umweltbundesamtes an (alle Geräte mit einem Schallleistungspegel > 63 dB(A) gesondert aufzustellen), dürfte kaum ein Farblaserdrucker in Arbeitsräumen stehen.

Der Schallleistungspegel von Druckern wird im wesentlichen durch die aufgenommene elektrische Leistung gekennzeichnet (Bild 9). In diesem Bild wird nicht nach Drucktechnik differenziert.

Bild 9 Korrelation der Geräuschemission (Drucken) mit der aufgenommenen Leistung. Die Korrelation beträgt 0,86. (Druckerpalette eines Herstellers, Stand 2000-10-12)

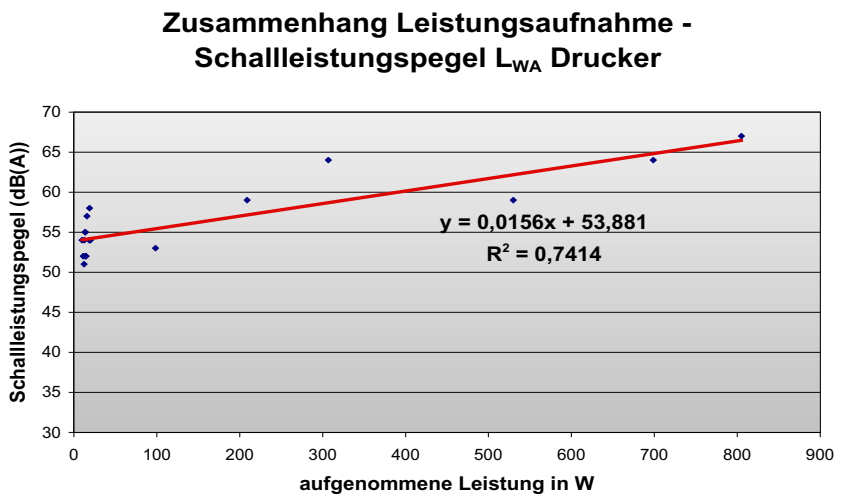
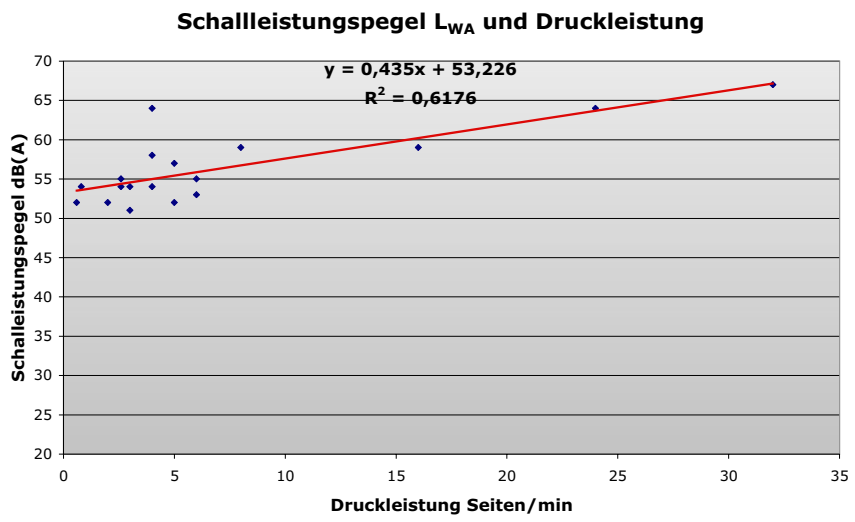


Bild 10 Korrelation der Geräuschemission (Drucken) mit der Druckleistung. Die Korrelation beträgt 0,79. (Druckerpalette eines Herstellers, Stand 2000-10-12)



Ein ähnliches Bild, allerdings mit einer geringeren Korrelation, ergibt sich für die Relation von Druckleistung und Geräuschemission (Bild 10): Dieses Bild, das die Werte von 18 Produkten (Tintenstrahldrucker und Laserdrucker) eines Herstellers gemeinsam abbildet, macht deutlich, warum auch künftig Drucker in Gruppen nach Druckleistung eingeteilt werden müssen. Das Bild zeigt, dass man zwischen möglicher Leistung und der Geräuschbelastung optimieren muss. Diese Aussage gilt aber nicht für den Emissions-Schalldruckpegel. Dafür lässt sich keine hohe Korrelation über technische Grenzen hinweg finden, die Korrelation zwischen der Druckleistung und dem Emissions-Schalldruckpegel ist wesentlich kleiner als beim Schallleistungspegel.

Die Emissionsdaten für Drucker sind hoch korreliert (0,75), was nicht für alle Produkte selbstverständlich ist. Eine hohe Korrelation zwischen zwei Größen bedeutet, dass die Kenntnis einer Größe ausreicht, um die andere in etwa abzuschätzen.

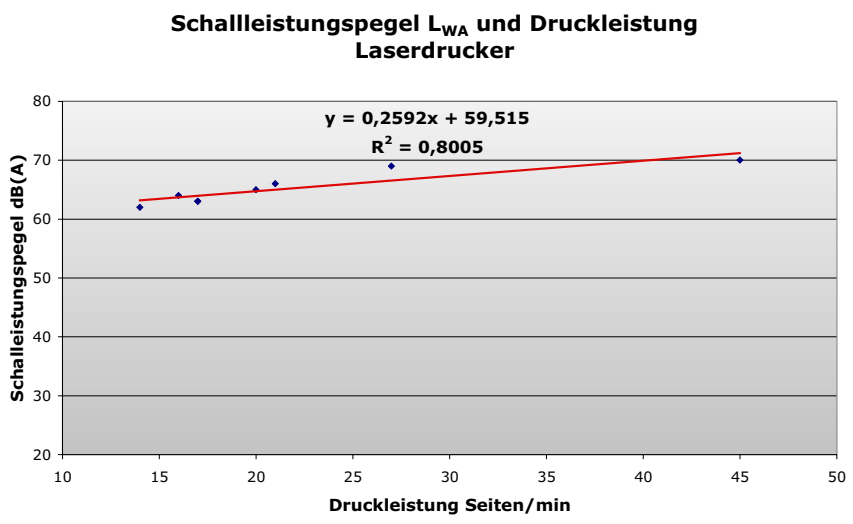
4.5.2 Schallemissionen von Laserdruckern

Für Laserdrucker wurden uns eine Reihe von Gutachten zur Verfügung gestellt, aus denen die Messmethoden und die gemessenen Daten jeweils eindeutig hervorgehen. Die Hersteller haben keine Bedingungen für die Verwendung der Daten gestellt. Jedoch werden die Auswertungen ohne Nennung des jeweiligen Herstellers durchgeführt, da eine Bekanntgabe des Hersteller- bzw. Produktnamens Nachteile für gerade solche Hersteller nach sich ziehen kann, die ihre Produkte begutachten lassen und die Gutachten offen legen. Die Begründung basiert auf den Erkenntnissen bezüglich der nicht präzisen Deklarierung von akustischen Emissionsdaten, die unten dargelegt werden. (siehe "Probleme durch nicht präzises Deklarieren von Daten" auf Seite 48.)

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Die Schallemissionen von Laserdruckern sind hoch korreliert mit der Druckleistung (s. Bild 11). Der Schallleistungspegel ist praktisch durch die Druckleistung bestimmt. Das Bild, das exemplarisch die Werte von acht Druckern einer Firma (farbfähige Drucker, Leistungsangaben für s/w-Druck) zeigt, lässt sich auf Produkte anderer Firmen übertragen, wobei die Korrelation und die Regressionsgleichung unterschiedlich ausfallen können, jedoch nicht die relevante Aussage des Bildes (Bild 12). Der in diesem Bild zusätzlich dargestellte Verlauf (Schallleistungspegel von acht Druckern einer anderen Firma unterscheidet sich nur geringfügig von dem ursprünglichen.

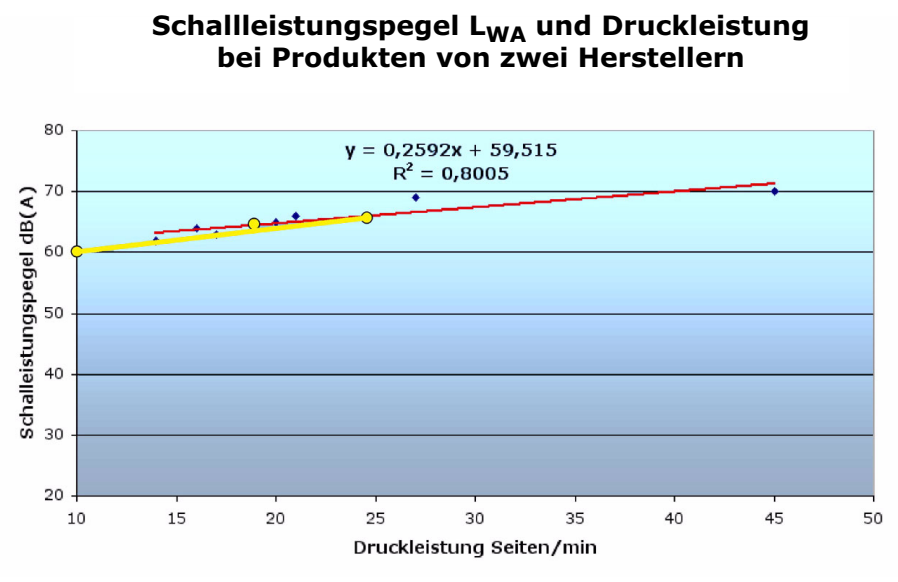
Bild 11 Korrelation der Geräuschemission (Drucken) bei Laserdruckern mit der Druckleistung. Die Korrelation beträgt 0,89. (Laserdruckerpalette eines Herstellers, Stand Juni 2000)



Nach unserer Erfahrung können die erfassten Schallemissionsdaten der Laserdrucker nicht den Gesamteffekt für den Nutzer darstellen. Dies hängt damit zusammen, dass der Konstrukteur mehrere Betriebsphasen, die beim Drucken relevant sein können, unterschiedlich gestalten kann.

- Vorlauf/Aufwärmen: Manche Geräte sind nach dem Einschalten praktisch geräuschlos, die Lüfter, sofern vorhanden, setzen erst ein, nachdem der Prozessor eine bestimmte Temperatur erreicht hat. Das andere Extrem bilden Geräte, deren Lüfter vor allen anderen Komponenten anlaufen, und bei denen zudem ein recht lärmender Kalibrierungsprozess (Farblaserdrucker) anläuft.
- Drucken: Beim Druckvorgang findet zwar bei allen Geräten die größte Schallemission statt, jedoch etwas unterschiedlich. So übertönt bei manchen Geräten die erforderliche Leistungssteigerung des Lüfters sogar die Druckgeräusche und setzt früher ein. Bei vielen Geräten hört man ein monotones Lüftergeräusch, während andere beim Bewegen der Tonerkassetten impulshaltige und laute Geräusche emittieren.

Bild 12 Vergleich des Verlaufs der Regressionsgeraden für die Beziehung zwischen der Druckleistung und dem Schallleistungspegel für Produkte von zwei Firmen. (Die gelbe Gerade repräsentiert acht Drucker einer anderen Firma).



- **Abkühlen/Nachlauf**: Bei manchen Druckern schalten sich die lauteren Geräuschquellen mit der Ablage des letzten gedruckten Blatts ab, während andere geraume Zeit nachlaufen, bis der Prozessor hinreichend abgekühlt ist. Die Nachlaufphase kann unterschiedlich lange ausfallen, somit auch die geräuschintensive Phase.
- **Standby**: Nach einer bestimmten Zeit schalten die Geräte auf Standby um, d.h. auf eine Phase mit unterschiedlichen Geräuschpegeln: Viele Geräte emittieren überhaupt kein Geräusch mehr, bei vielen läuft der Lüfter noch, allerdings mit unterschiedlicher Leistung, während einige wenige Geräte im Standby-Betrieb nicht viel weniger Geräusch emittieren als im Normalbetrieb.

Auch in ihrer neuesten Fassung von EN ISO 7779 (prEN ISO 7779:2000) sind die Betriebsbedingungen nicht hinreichend auf die Berücksichtigung der o.g. Besonderheiten der Laserdrucker angepasst (prEN ISO 7779:2000, S. 61-62).

Die Produktgattung Laserdrucker reicht von relativ langsamen Graustufendruckern (früher 8 S/min, jetzt meistens ca. 16 S/min) bis hin zu leistungsfähigen Farbdruckern, die konventionellen Druckmaschinen ernsthafte Konkurrenz machen. Ihre Schallleistungspegel lassen sich aus der Druckleistung recht genau vorhersagen. Dieser Pegel ist mit dem Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz hoch korreliert.

Wie unten gezeigt wird, sind Laserdrucker einer bestimmten Leistungsklasse nicht notwendigerweise lauter als Tintenstrahldrucker, zumindest dann nicht, wenn sie in Graustufen drucken.

4.5.3 Schallemissionen von Tintenstrahldruckern

Tintenstrahldrucker sind einst für besonders geräuscharmen Druck entwickelt worden. Was das Druckwerk anbetrifft, gilt dies auch heute noch. Es ist aber schon längst nicht mehr der größte Geräuschverursacher. Bei manchen Produkten stellt das Anlaufgeräusch das lauteste des gesamten Druckvorgangs dar, insbesondere, wenn die Treibersoftware unerklärliche Bewegungen der gesamten Mechanik verursacht, die bei anderen Produkten nicht vorkommen. Bei anderen hingegen ist das Papierhandling die lauteste Phase des Druckvorgangs (Tab. 22). Und diese trägt der Gesamtbelastung umso stärker bei, je leistungsfähiger die Drucker werden. (siehe "Vorbemerkungen zum Trend" auf Seite 37.) Insgesamt ergaben sich folgende Werte für 20 Produkte eines Herstellers:

Tabelle 21 Schallemissionsdaten für 20 Tintenstrahldrucker eines Herstellers

	L_{pA} dB(A)	L_{WAd} B(A)
Mittelwert	47	5,9
Streuung s	4,32	0,46
Maximum	52	6,4
Minimum	42[1] (47)	5,5

1. Der Minimalwert ist "bystander Wert. Ansonsten gilt 47 dB(A)

Obwohl die Tabelle nach Angaben eines Herstellers von recht leisen Produkten berechnete Daten enthält, fallen die Werte nicht gerade niedrig aus. Ein Indiz für die Zuverlässigkeit der Daten ist die Feststellung, dass die Grenzwerte für Tintenstrahldrucker in der TCO 99-Spezifikation höher gesetzt und denen der Laserdrucker angepasst werden mussten.

Die Relevanz der Geräuschemissionsdaten ist angesichts der Hauptgeräuschquelle, die nach Tab. 22 zumindest für die darin erwähnten Produkte der Papiertransportmechanismus ist, zu relativieren. Wenn man ein und dasselbe Produkt einmal mit und einmal ohne Papierwechsel misst, erhält man Pegel, die sich zwischen 10 dB(A) bis 25 dB(A) (!) unterscheiden. Das zweitlauteste Gerät (Lexmark Z42) ist beim Drucken ohne Papierwechsel das leiseste. Da die fraglichen Drucker keine Hochleistungsgeräte sind, sondern eher "fein aber langsam" arbeiten, herrscht der Maximalpegel nur einige Sekunden in der Minute vor.

Tabelle 22 Beitrag des Seitenwechsels zur Geräuschemission bei Tintenstrahldruckern (Daten aus c´t 25/2000)

Produkt	Max. mit Seitenwechsel dB(A)[1]	Mittel ohne Seitenwechsel dB(A)	Diff. dB(A)
Apollo P-2200	63,90	53,83	10,07
Canon BJC-2100	60,70	49,68	11,02
Canon BJC-3000	62,30	47,64	14,66

Tabelle 22 Beitrag des Seitenwechsels zur Geräuschemission bei Tintenstrahldruckern (Daten aus c´t 25/2000)

Produkt	Max. mit Seitenwechsel dB(A)[1]	Mittel ohne Seitenwechsel dB(A)	Diff. dB(A)
Canon BJC-6200	64,90	51,16	13,74
Epson Stylus Color 480	66,00	50,29	15,71
Epson Stylus Color 680	63,80	47,79	16,01
HP Deskjet 840C	61,70	44,40	17,30
HP Deskjet 930C	65,90	43,75	22,15
Lexmark Z32	65,00	45,36	19,64
Lexmark Z42	66,60	42,05	24,55
Lexmark Z52	68,00	43,67	24,33
Xerox M 750	64,20	51,86	12,34

1. Messentfernung 0,50 m, daher mit anderen Daten zu Druckern nicht vergleichbar, entspricht etwa L_{pA}

Anm.: Tintenstrahldrucker sind häufig kurzlebige Produkte, so dass es schwer fällt, die relevanten Daten zu finden und diese nach einiger Zeit zu überprüfen. Der größte Teil der im Internet gefundenen Daten über Drucker beziehen sich auf Tintenstrahldrucker. Bedauerlicherweise waren die meisten nicht näher spezifiziert und daher unbrauchbar. (siehe "Probleme durch nicht präzises Deklarieren von Daten" auf Seite 48.)

4.6 Schallemissionen von Kopiergeräten

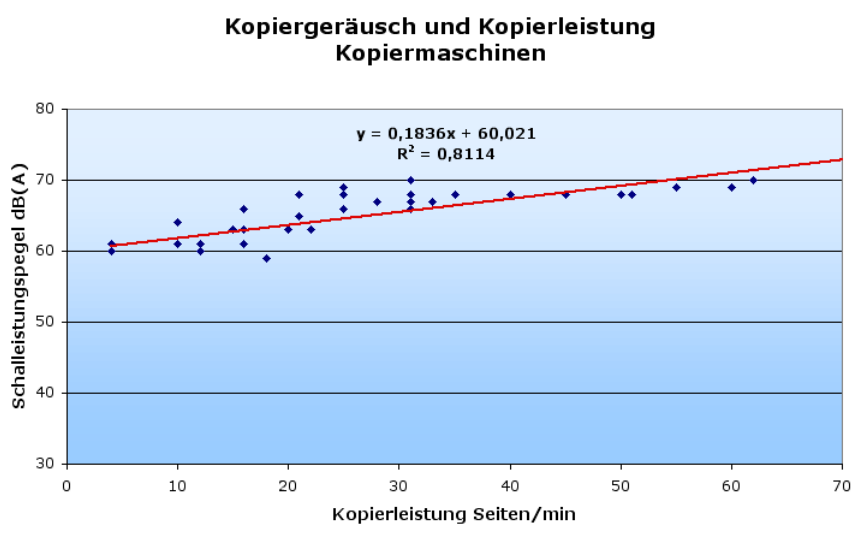
Kopiergeräte waren in früheren Zeiten eine Produktgattung für sich, die ausschließlich dazu diente, eine optische Vorlage, meistens mit Hilfe des xerographischen Verfahrens, zu vervielfältigen. Heute existiert daneben eine Vielfalt an Maschinen und Geräten, die auch als Scanner, Drucker oder Faxgerät arbeiten können. Nicht wenige Produkte können alle aufgezählten Funktionen erfüllen. Die Schallemissionen entsprechen denen der jeweils lautesten Komponente.

Kopiergeräte liegen, wie übrigens auch Drucker, in der Leistungsfähigkeit zwischen einigen Seiten in der Minute bis 100 Seiten und mehr. Wie die Korrelation der Kopierleistung mit dem Schallleistungspegel für 48 Produkte eines Herstellers (Stand 10. Oktober 2000) zeigt, besteht eine eindeutige Beziehung zwischen der verfügbaren Leistung und der Schallemission (Korrelation 0,9).

Der Mittelwert des Schallleistungspegels L_{WA} über alle Produkte beträgt 66 dB(A). (Die Werte sind in den Original-Datenblättern dieses Herstellers deklariert als "gemessen nach DIN EN 27779 bzw. EN 27779", jedoch in dB und nicht in B angegeben.) Der Emissions-Schalldruckpegel beträgt im Mittel 56 dB(A). Die beiden Pegel sind miteinander hoch korreliert (Korrelation 0,84).

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Bild 13 Korrelation der Geräuschemission L_{WA} bei Kopierern mit der Kopierleistung. Die Korrelation beträgt 0,9. (48 Produkte eines Herstellers, Stand 10. Oktober 2000)



Mehr als die Hälfte der Geräte erzeugt im Standby-Betrieb keinen Schall, bei den restlichen können aber Pegel (L_{PA}) bis 62 dB(A) vorkommen. Jedoch betrifft dies eher ältere Modelle, die noch verkauft werden. Bei neueren Geräten kann der Pegel (L_{PA}) bis 60 dB(A) betragen. Die Übersicht über die ausgewerteten Geräte ist in Tab. 23 dargestellt.

Tabelle 23 Schallemissionsdaten für 48 Kopierer eines Herstellers (Stand 10. Oktober 2000)

	L_{pA} dB(A)	L_{WA} dB(A)
Mittelwert	56	66
Streuung s	4,29	2,76
Maximum	66	78
Minimum	51	59

4.7 Schallemissionen von Faxgeräten

Für Faxgeräte lässt sich kein Kriterium finden, das sich als eine Art Maschinenkennzahl eignen würde, weil die Empfangleistung vom Netz her vorgegeben ist. Sie können sich allenfalls darin unterscheiden, ob sie die empfangene Nachricht direkt ausdrucken oder erst nach Empfangsende in einem Zug. Dann entspricht ihre Geräuschemission der des eingebauten Druckmoduls (z.B. Tintenstrahl-, Laser- oder Thermodrucker). Die Emissionsdaten (für Empfangen) sind in Tab. 24 dargestellt. Die Geräuschemission bei Standby-Betrieb ist nur für wenige Modelle messbar. Bei allen anderen erzeugt das Gerät kein Geräusch.

Tabelle 24 Schallemissionsdaten für 30 Faxgeräte eines Herstellers (Stand Oktober 2000)

	L_{pA} dB(A)	L_{WA} dB(A)
Mittelwert	48	54
Streuung s	3,37	3,17
Maximum	57	63
Minimum	41	49

Faxgeräte sind, wie die obige Tabelle zeigt, recht leise Geräte, was dadurch bedingt ist, dass sie nicht unbedingt eine hohe Druckleistung benötigen. Es gibt auch Faxgeräte (extern), die überhaupt nicht drucken, solange sie an einem im Betrieb befindlichen Computer angeschlossen sind. Der Ausdruck erfolgt bei Bedarf.

Den höchsten Geräuschpegel erzeugen Faxgeräte beim Empfangsbeginn (Anruf). Bei vielen Geräten lässt sich der Ton nicht abschalten, auch wenn man direkt neben dem Gerät sitzt.

4.8 Schallemissionen von Tastaturen

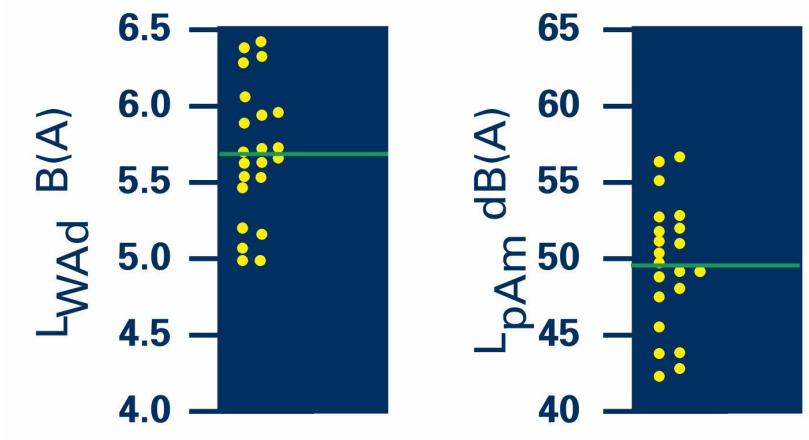
Geräuschemissionsdaten von Tastaturen sind schwer zu finden. Das liegt vermutlich daran, dass diese Produkte seit etwa zwei Jahrzehnten als eine Art Auslaufmodell betrachtet werden, die sehr bald durch die Spracheingabe ersetzt werden sollen. Auch ernst zu nehmende Institutionen erlagen diesem Irrtum.

Firmen, die einst die Entwicklung von Tastaturen sehr ernst genommen haben, weil sie darin die wichtigste Schnittstelle zwischen ihrem Produkt und dem Benutzer gesehen haben, sind entweder vom Markt verschwunden, wie z.B. Nixdorf, Olympia und Olivetti, oder sie haben ihre Struktur derart verändert, dass es in den neuen Firmenstrukturen keine zentralen Stellen mehr gibt, die sich um Tastaturen kümmern. Dies gilt z.B. für Firmen wie IBM, Siemens oder DEC. Es gibt nur noch wenige Tastaturhersteller, und diese produzieren unter enormem Kostendruck. Hierbei sind nicht nur Qualitätsmerkmale wie Geräuscharmut auf der Strecke geblieben. Es gibt sehr viele laute Tastaturen, ohne dass man sich ernsthaft damit befasst.

Für die relativ hohen Schallemissionen von Tastaturen trägt aber nicht nur diese Entwicklung die Schuld. Lange Zeit galt das Geräusch der Tastatur als positive Rückmeldung, die der Benutzer brauche, und wurde daher gepflegt und sogar künstlich erzeugt. Nach einem nicht veröffentlichten Forschungsbericht eines Ergonomie-Labors eines großen Herstellers sollte es einen Pegel von 65 dB(A) am Ohr des Benutzers erreichen. Die ersten Computertastaturen zu Beginn der 70er Jahre haben Pegel in dieser Größenordnung auch ohne künstliche Hilfe erreicht, weil sie einen ansonsten nützlichen Mechanismus beinhalteten, Tasten mit einer mechanischen Feder, die eine hervorragende taktile Rückmeldung erzeugte. Neuere Tastaturen haben zwar aus Kostengründen nicht mehr die Federn, aber aus eben den gleichen Gründen einen immer noch hohen Schallpegel.

Die nachfolgende Abbildung ist dem ECMA-Bericht ECMA TR/62 entnommen (ECMA, 1993), der im Jahre 1993 veröffentlicht worden ist. Nach unseren Erfahrungen aus betrieblichen Projekten dürfte das Gesamtbild auch heute zutreffen (Bild 14):

Bild 14 Geräuschemissionswerte für 22 Computertastaturen (gezeichnet nach ECMA, 1993)



Der deklarierte Schallleistungspegel beträgt im Mittel 5,7 B (A) mit einer Streuung von 0,44 B(A), der Pegel am Arbeitsplatz 49,6 dB(A) mit einer Streuung von 4,4 dB(A). Alle Werte sind mit 5 Anschlägen in der Sekunde gemessen worden. Dieser Wert wird im allgemeinen bei Tastaturprüfungen als übliche Schreibgeschwindigkeit angenommen.

Nach diesem Bild emittieren fünf der 22 Probanden einen höheren Schallleistungspegel als man z.B. für die Vergabe des "Blauen Engel" an Laserdrucker bis zu einer Leistung von 14 S/min zulässt. Nur sechs von 22 Tastaturen würden den Grenzwert von TCO 99 für Drucker bis 7 S/min unterschreiten.

Die Tastatur stellt somit einen ernst zu nehmenden aber nicht ernst genommenen akustischen Störfaktor dar, obwohl manches Unternehmen schon vor 20 Jahren anfing, seinen Außendienst mit tragbaren Computern auszustatten, die sich in Kundenwohnungen unangenehm bemerkbar machen können.

4.9 Emissionsdaten aus ECMA TR 62

4.9.1 Begründung

Für eine Reihe von Produkten konnten aus verschiedenen Gründen keine neueren Daten von Herstellern gefunden werden, die eine systematische Untersuchungen zuließen. Dies liegt z.T. daran, dass bei bestimmten Produkten keine nennenswerte Fortentwicklung mehr stattfindet (z.B. bei Bandstationen), während bei anderen der Markt eher nach anderen Informationen fragt (z.B. bei Scannern). Bei anderen Produkten (z.B. CD-ROM-Laufwerke) scheint sich eher der Einkäufer aus der Computerindustrie für die Geräuschentwicklung zu interessieren, da man häufig die lapidare Angabe erhält "geringer als 70 dB", was das auch immer bedeuten mag. (Anm.: Die Angabe bezieht sich

vermutlich auf gesetzliche Bestimmungen, wonach bei Produkten mit einem L_{pA} > 70 dB(A) eine Angabe erforderlich ist.)

Andere Produkte wiederum haben sich zu Sondermaschinen entwickelt, obwohl sie einst marktbeherrschend waren. So sind Nadeldrucker nur bei bestimmten Anbietern erhältlich und Typenraddrucker sind nur selten als Einzelprodukt zu finden.

Der Bericht ECMA TR 62 ist die jüngste zuverlässige Quelle für Emissionsdaten diverser Produkte. Wie bereits erwähnt, können die darin angeführten Daten dahingehend verwendet werden, dass man bei neueren Produkten stets geringere Pegel voraussetzt.

Um Ausreißer zu vermeiden, wird der Bereich zwischen dem Mittelwert und eine Standardabweichung angegeben. Dieser erfasst 68,26% der Probanden. Um den Wert für 95% der Probanden (entspricht Mittelwert ±2s) zu bekommen, muss die Standardabweichung addiert bzw. abgezogen werden.

4.9.2 Mechanische Zeilendrucker

Die relevanten Daten für mechanische Zeilendrucker (17 Produkte) sind in Tab. 25 dargestellt. Die Daten sind für ein bestimmtes Druckmuster und für 75 g/m^2 Papier (Einzelblatt) bzw. 55 g/m^2 Papier (fan fold) gültig. Sie sind leistungsabhängig.

Tabelle 25 Geräuschemissionsdaten für mechanische Zeilendrucker (Die Werte für Maximum und Minimum gelten für 68% statistische Sicherheit, entspricht Mittelwert + 1s, d.h. der wahre Wert liegt höher.)

	L_{pA} dB(A)		L_{WAd} B(A)	
	Drucken	Idling	Drucken	Idling
Mittelwert	58,2	48,4	7,5	6,7
Streuung s	2,7	7,2	0,31	0,49
Maximum	61	56	7,8	7,2
Minimum	56	41	7,2	6,2

4.9.3 Nadeldrucker (Desktop-Modelle)

Die Werte für Nadeldrucker (45 Produkte) sind etwas leistungsabhängig. Heutige Nadeldrucker können durch ihre Mechanik einerseits und durch ihre teilweise ausgeklügelte Betriebsweise andererseits leiser sein als in der Tabelle angegeben. Leider waren die aufgefundenen Angaben in den Datenblättern zu lapidar (z.B. “noise < 53 dB” oder “environmental <55 dB ISO 7779 pattern usw.) und wurden daher nicht ausgewertet.

4.9.4 Bandlaufwerke

Große Bandlaufwerke sind in üblichen Büroumgebungen selten anzutreffen. Die Daten werden der Vollständigkeit halber aufgenommen. Moderne Band-

Tabelle 26 Geräuschemissionsdaten für Nadeldrucker (Die Werte für Maximum und Minimum gelten für 68% statistische Sicherheit, entspricht Mittelwert + 1s, d.h., der wahre Wert liegt höher.)

	L_{pA} dB(A)		L_{WAd} B(A)	
	Drucken	Idling	Drucken	Idling
Mittelwert	58,3	-[1]	7,3	-
Streuung s	3,6	-	0,36	-
Maximum	62	-	7,7	-
Minimum	55	-	6,9	-

1. Keine Angabe zu diesem Betriebszustand im Originaldokument

laufwerke werden hauptsächlich als Backup-Medium benutzt und sind nicht ständig im Betrieb, es sei denn am Arbeitsplatz eines Systembetreuers.

Die nachfolgend dargestellten Daten stammen von 7 großen und 5 mittleren Bandlaufwerken.

Tabelle 27 Geräuschemissionsdaten für Bandlaufwerke (Die Werte für Maximum und Minimum gelten für 68% statistische Sicherheit, entspricht Mittelwert + 1s, d.h., der wahre Wert liegt höher.)

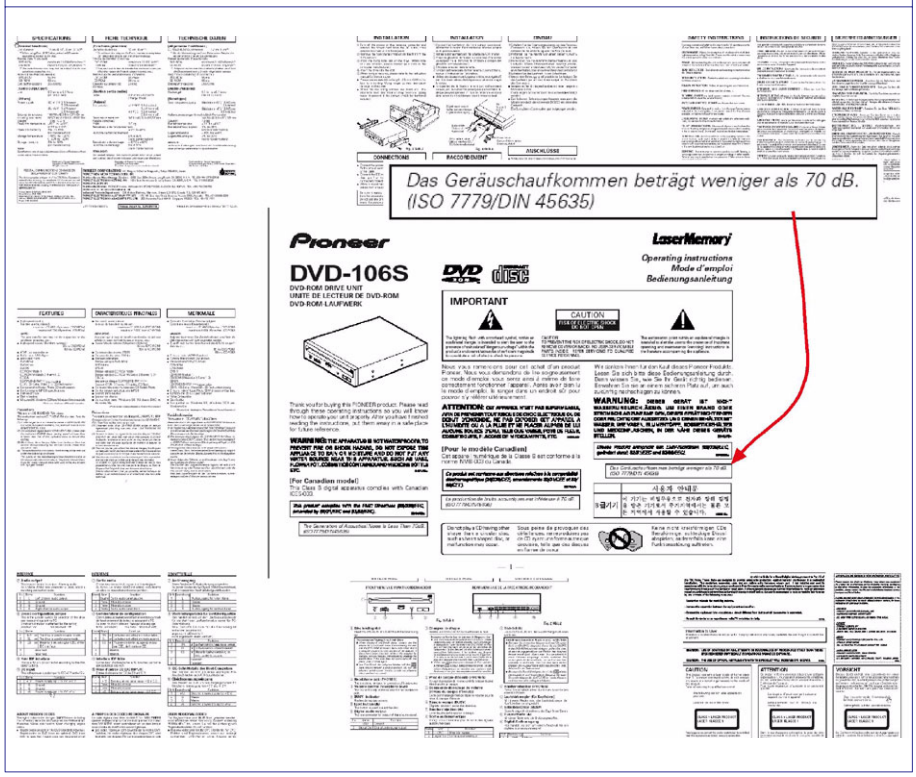
		L_{pA} dB(A)		L_{WAd} B(A)	
		Betrieb	Idling	Betrieb	Idling
Große Maschinen	Mittelwert	58,4	[1]	7,5	
	Streuung s	4,7		0,46	
	Maximum	63		8,0	
	Minimum	54		7,0	
Mittlere Maschinen	Mittelwert	47,6		6,5	
	Streuung s	5,6		0,39	
	Maximum	53		6,9	
	Minimum	42		6,1	

1. Keine Angabe zu diesem Betriebszustand im Originaldokument

5 Probleme durch nicht präzises Deklarieren von Daten

Wie bereits angeführt, werden Geräuschemissionsdaten in der Praxis aus verschiedenen Gründen nicht präzise angegeben. Die mangelnde Präzision ist aber nicht vergleichbar mit systematischen Abweichungen, wie man sie z.B. von Betriebsmessungen und Labormessungen kennt und bei der Bewertung entsprechend berücksichtigt. Vielmehr handelt es sich um Ergebnisse verschiedenartiger Handlungen, die man als schlampig bis manipuliert bezeichnen kann. Nicht selten sind solche Handlungen begünstigt, zuweilen sogar bedingt, durch die Vorstellung, dass der Adressat nicht willens oder in der Lage ist, korrekte akustische Daten zu verstehen. Manchmal fehlt einem Hersteller schlicht der Platz, weil er in einem Dokument möglichst viele Daten möglichst gut verdichtet angeben möchte (Bild 15).

Bild 15 Der für die Geräuschemissionsangaben reservierte Platz bei der Produktbeschreibung eines DVD-Laufwerks (eineinhalb Zeilen in drei Sprachen in einem Dokument von 8 Seiten)



In dem dargestellten Dokument

- findet sich die Geräuschangabe auf nur eineinhalb Zeilen in einem achtseitigen Dokument,
- ist nicht feststellbar, was angegeben worden ist, weil "Geräuschaufkommen" kein Fachbegriff ist,
- lässt sich nicht feststellen, welche Größe angegeben wird, da sich eine Angabe in dB nur auf Oktav- bzw. Terzpegel (ISO 7779 Report) beziehen kann.

Solche Angaben werden in der Umgangsprache als "Hausnummer" bezeichnet, weil man damit nicht viel anfangen kann. Genau genommen, lässt sich mit den Emissionsangaben weniger anfangen als mit einer Hausnummer, weil die Hausnummer ein bestimmtes Grundstück identifizieren helfen kann, während die Angabe "weniger als 70 dB" nicht einmal eine ähnlich grobe Bezeichnung von dem zu beschreibenden Gegenstand liefert.

Derartige Ungenauigkeiten können weder mit Schlampigkeit noch mit Unwissenheit begründet werden. Denn zum einen werden die Produkte mehreren "environmental tests" unterzogen und deswegen einer Prüfstelle vorgelegt, und zum anderen lässt sich die einwandfreie Form der Deklaration im Internet buchstäblich in Sekunden finden, so z.B. die hier zitierte:

"Acoustics:

- operating position
  - L<54 dB (A) printing, L<36 dB (A) standby (per ISO 9296, DIN 45635, T.19),
- bystander: 1m
  - L<50 dB (A) printing, L<30 dB (A) standby (per ISO 7779, DIN 45635, T.19). Sound power: 0 Bels inaudible (A)
- Powersave
  - L_{WAd}, 6.6 Bels (A) printing at 25 ppm
  - L_{WAd}, 6.2 Bels (A) printing at 12 ppm "

(Aus dem Datenblatt hp LaserJet 4100/n/tn/dtn, Einzüge vom Autor nachgefügt)

In mindestens einem Fall, bei dem uns das detaillierte Gutachten einer Prüfstelle vorliegt, hat es der Hersteller vorgezogen, im Datenblatt des Geräts einen Wert anzugeben, der im Gutachten als der Wert am "Arbeitsplatz" (eingezeichnet im Gutachten als Messort für L_{pA}) eingetragen ist (Bild 16).

Bild 16 Geräuschangabe im Datenblatt eines Herstellers zu einem Produkt. Laut Gutachten beträgt der Schallleistungspegel 60 dB(A).

Geräuschentwicklung	50 dB(A) (Druckvorgang)
	0 dB(A) (Standby)
Anschlußwerte	220-240 V, 50/60 Hz
Abmessungen	246 x 394 x 290 mm (H x B x T)

5.1 Fehlende Messentfernung

Die gefundenen Daten (Schalldruckpegel) wurden bei Messentfernungen zwischen 0,25 m bis 1 m erhoben. Die kürzeste Entfernung wurde von einer Zeitschrift über lange Jahre benutzt, weil die Empfindlichkeit des Messmikrofons für eine größere Entfernung nicht ausgereicht hatte. Später hat diese Zeitschrift wie auch eine andere in 0,5 m Entfernung gemessen, weil dies der Entfernung des Benutzers vom PC bzw. von seinen Komponenten besser entspräche.

Die Entfernung für die Messung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 7779 ist je nach Produkt etwas kleiner bzw. größer als diese Entfernung. Wenn eine typische Benutzerposition nicht festgelegt werden kann, wird der Schalldruckpegel an der "bystander"-Position gemessen. Hierzu sind mindestens vier Positionen zu definieren, die über 1 m vom Probanden entfernt liegen (genaue Festlegung nach ISO 7779).

Wenn die Entfernung nicht angegeben wird, sondern lediglich eine Angabe eines Schalldruckpegels erfolgt, z.B., wenn ein Testbericht aus einer Zeitschrift zitiert wird, kann zwischen der günstigsten und der ungünstigsten Angabe eine große Differenz entstehen, die u.U. in der gleichen Größenordnung liegt wie der Unterschied zwischen dem besten und dem schlechtesten Produkt einer Gattung. Von den von uns interviewten Journalisten wurden hierzu Zahlen zwischen 7 und 11 dB(A) genannt. Diese Zahlenangabe erfolgt hier nur zur Veranschaulichung der Differenz, da sie nicht durch eigene Messungen belegt wird.

5.2 Fehlende Bezeichnung

Die wohl häufigste Form der nicht korrekten Deklaration ist das Weglassen der Bezeichnung: Man gibt den Emissions-Schalldruckpegel oder gar den in 1 m gemessenen "bystander"-Pegel an Stellen an, an denen der Leser den Schallleistungspegel erwartet. Den hierbei entstehenden Unterschied gibt Hewlett-Packard (HP, 1997) mit 6,5 dB(A) an (Unterschied Schallleistungspegel zu Emissions-Schalldruckpegel) bzw. 10 dB(A) (Unterschied Schallleistungspegel zu Schalldruckpegel am bystander-Position).

Diese Angaben charakterisieren vermutlich die größtmöglichen Unterschiede, da bei anderen Produkten auch geringere gemessen werden können.

5.3 Fehlende Berücksichtigung des statistischen Zuschlags

Für die Angabe des Schallleistungspegels wird in ISO 9296 und entsprechend auch für die Vergabe der in diesem Gutachten besprochenen Umweltzeichen ein statistischer Zuschlag berechnet, um den sich der Messwert erhöht. Wenn man nicht erwähnt, dass man nicht den deklarierten Wert angibt, "spart" man 3 dB(A), um die die Prospektangaben dann geschönt werden. Dieses Verhalten wird durch die Anforderungen von ISO 9296 zumindest begünstigt, da die Norm beim Schallleistungspegel den Zuschlag fordert, jedoch nicht beim Emissions-Schalldruckpegel. Es ist nicht leicht zu erklären, warum zwei Größen, die meistens im selben Durchgang im selben Labor gemessen werden, unterschiedlich angegeben werden sollen. Da die wahre Natur des angegebenen Werts erst bei genauerem Hinsehen erkennbar wird (L_{WA} versus L_{WAd}), stehen die Hersteller bzw. deren Distributoren einer Beschönigungsaktion zumindest nicht ablehnend gegenüber.

Was bei solchen Aktionen insgesamt herauskommt, wurde in einer Broschüre veröffentlicht, die auszugsweise in Tab. 28 wiedergegeben wird.

Die Wahrscheinlichkeit von solchen irreführenden Veränderungen der realen Daten in der Veröffentlichung hat uns bewogen, die meisten der erhältlichen Daten außer Betracht zu lassen, und dieses Gutachten nur auf solche Daten zu stützen, die entweder direkt vom Hersteller an uns übermittelt worden sind, oder erkennen lassen, dass einwandfrei gemessen und deklariert wurde. Nur

Tabelle 28 Messwerte von Produkten der Firma Hewlett-Packard in dB(A) und die rechnerische Differenz zwischen dem Schallleistungspegel und dem Schalldruckpegel am Arbeitsplatz

Indicative values of acoustic power and pressure for HP PCs (measured according to EN27779 at 20ºC in the Lab. National des Essais in Paris)			
	L_{WA}	L_{pA}	Differenz
HP Vectra VE Series 3	37,2	31,1	6,1
HP Vectra VL Series 5/166	39,5	33,7	5,8
HP Vectra VA 6/200 MT	38,9	34,7	4,2
HP Vectra XA 5/200	37,5	32,4	5,1
HP Vectra XA 6/200	40,0	34,4	6,6
HP Vectra XU 6/200	42,7	39,3	3,4

solche Daten, die einwandfrei als "L_{WAd}" bezeichnet worden sind, werden auch als solche angeführt. Diese stammen entweder aus uns vorliegenden Gutachten oder wurden (meist vom Hersteller) als solche veröffentlicht. Daten, die nicht normgerecht erhoben worden sind, aber deren Qualität und Herkunft nachprüfbar sind (so z.B. die Daten der Zeitschrift c´t) werden mit entsprechendem Hinweis verwendet.

5.4 Unrealistische Betriebsbedingungen für die Messung

Grundsätzlich kann jeder Hersteller die Betriebsbedingungen seines Produktes festlegen und in seinen Unterlagen dem Anwender erklären, sofern er damit nicht gegen bestimmte Sicherheitsbestimmungen verstößt. Solche Festlegungen können allerdings häufig genauso unsinnig sein wie das Vorgehen mancher Tester, Produkte an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit zu prüfen. So werden z.B. Festplatten- bzw. CD-ROM-Laufwerke häufig im Dauerzugriff getestet, um den maximalen Schallpegel zu ermitteln, während der Hersteller sein Produkt oft gerne mit der günstigsten Einstellung des "Akustik-Management" prüfen lassen möchte.

Auch erfahrenen Testorganisationen gelingt es zuweilen - in guter Absicht - unrealistische Testbedingungen zu kreieren. So werden z.B. Drucker für akustische Messungen auf die bestmögliche Druckqualität eingestellt. Dies war zu Zeiten der Impact-Drucker durchaus sinnvoll, weil bei diesen Produkten die Geräuschentwicklung im wesentlichen vom Druckvorgang herrührte. Somit war die beste Druckqualität mit der höchsten Schallemission gekoppelt. Anders hingegen bei Tintenstrahldruckern, die häufig beim Papiereinzug und -auswurf am lautesten sind. So kann ein Drucker bei höchster Qualität (Fotodruck) mehrere Minuten an einer Seite arbeiten, während die gleiche Maschine bei Entwurfsqualität bis zu 16 Blätter in der Minute auswirft. D.h., man misst nicht die ungünstigste Konstellation. Hingegen kennen Laserdrucker keine Qualitätsunterschiede für den von ISO 7779 geforderten Textdruck. Somit können sie unter den Betriebsbedingungen nach ISO 7779 lauter erscheinen als ein äquivalenter Tintenstrahldrucker.

Ähnlich unsinnig kann es sein, CD-ROM-Laufwerke im Dauerzugriff zu testen, um den höchsten möglichen Pegel zu ermitteln. Manches Laufwerk ist dabei zwar lauter als im Ruhezustand, entwickelt aber das lauteste und zugleich lästigste Geräusch beim Beschleunigen und nicht im Dauerbetrieb mit maximaler Umdrehungszahl.

Auch PCs mit geregelten Lüftern werden häufig unter unrealistischen Bedingungen getestet. Während man früher ein Gehäuse mit einem Lüfter versah, der die gesamte in ihm frei werdende Energie sicher, aber eben laut, nach außen befördern konnte, werden heute häufig geregelte Lüfter eingesetzt, die mit einer mehr oder minder ausgeklügelten Software arbeiten. Auch die in solche Gehäuse eingebauten Komponenten wie Prozessoren oder Laufwerke besitzen Software, die sich "Akustik-Management" nennt. Diese steuert entweder den (zusätzlichen) Lüfter oder die Komponente selbst. Durch solche Einrichtungen wird dem Benutzer, der seine Maschine nicht bis in die Grenzen der Leistungsfähigkeit hinein ausreizt, ein sehr wirksamer Komfort geboten.

Die Schattenseite ist, wenn die Schallemission von gut ausgeklügelten Maschinen unter Bedingungen gemessen wird, die in der Praxis nicht vorkommen, beispielsweise, wenn ein PC innerhalb einer halben Stunde nach Einschalten gemessen wird. Bis dahin hat nämlich der Sensor des Lüfters noch keine Gefahr für das Gerät festgestellt. Es kann aber sein, dass er den Lüfter für den Rest des Tages nicht mehr ausschaltet.

Uns wurde auch berichtet, dass mancher Hersteller die Geräuschemission mit Mitteln drosselt, die die Lebensdauer bestimmter Komponenten verkürzen (z.B. durch Verschlechtern der Kühlung des Prozessors, wodurch die statistische Ausfallwahrscheinlichkeit erhöht wird).

Um welche Größenordnung die wahre Schallemission von Geräten durch die hier angeführten Handlungen verfälscht wird, kann nur spekulativ berechnet werden. Da allein die "richtige" Einstellung des Akustik-Managements recht dramatische Auswirkungen zeigt (Bild 17, im Schnitt weniger als die halbe Lautheit in sone), kann man davon ausgehen, dass die Aussagefähigkeit des Messwertes sehr stark beeinträchtigt werden kann.

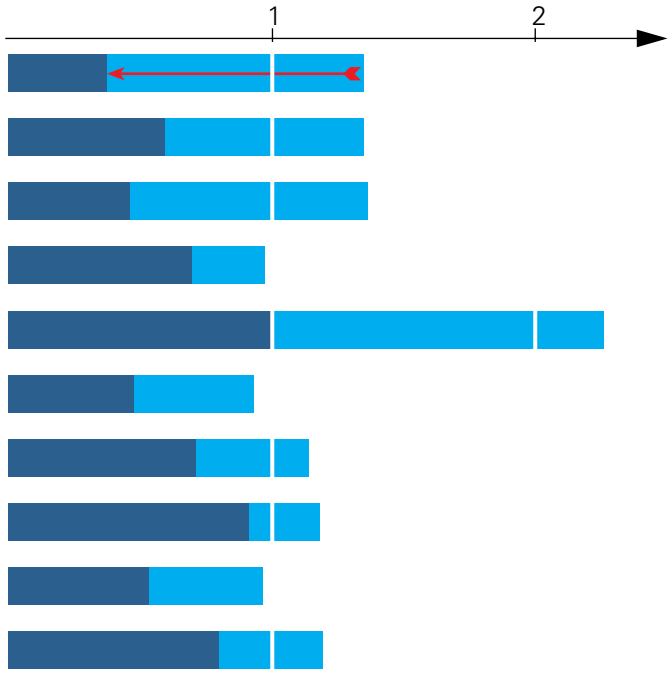
Ob man die Verfälschung im negativen Sinne auffasst und als "Manipulation" bezeichnet, oder positiv im Sinne einer effektiven Kontrolle des Nutzers über die Umgebungsbedingungen bewertet, hängt vom Einzelfall ab.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Akzeptanz von ISO 7779 und ISO 9296

Die Normen ISO 7779 und ISO 9296 beruhen auf Vorarbeiten des Herstellerverbandes ECMA und sind unter seiner Mitwirkung entstanden. Eine offizielle Akzeptanz durch Hersteller ist somit selbstverständlich. Nicht gleichermaßen selbstverständlich ist jedoch die korrekte Befolgung dieser Normen in der Veröffentlichungspraxis. Nur 10% der im Internet gefundenen Dokumente, die den Suchbegriff "ISO 7779" enthielten, haben gleichzeitig auch "ISO 9296" angeführt.

Bild 17 Minderung des Zugriffsgeräusches von 10 Festplatten durch das Akustik-Management (Skalenlänge in sone) (Bögeholz, 2000)



Die Prüfstellen, sofern sie das GS-Zeichen für IT-Produkte vergeben, wenden diese Normen, nach ihren Gutachten zu urteilen, ausnahmslos vollständig an. Das bedeutet, dass ein Hersteller, der Messwerte nach ISO 7779 aufnehmen lässt, auch die korrekte Deklarierung nach ISO 9296 erhält.

Für die Vergabe von Umweltzeichen (z.B. "Blauer Engel", "TCO 99" oder "ECO-Kreis") werden Messungen nach ISO 7779 verlangt, allerdings werden nur Anforderungen an den Schallleistungspegel gestellt. Die einzuhaltenden Grenzwerte stammen aber nicht aus den Normen. Sie werden zwar sehr ähnlich, dennoch frei von der Institution gewählt, die das Zeichen vergibt. Der Emissions-Schalldruckpegel, der nach ISO 9296 auch angegeben werden soll, ist nicht mit Grenzwerten belegt. Lediglich die TCO verlangt eine Messung und Angabe des gemessenen Wertes. (Anm.: Es ist anzunehmen, dass diese Werte für die nächste Ausgabe von "TCO XX" als Grundlage herangezogen werden.)

Die Presseorgane, die Schallemissionsdaten messen und veröffentlichen, wenden die Normen nicht an. Dies wird zum einen damit begründet, dass die Messbedingungen nicht den realen Verhältnissen am Arbeitsplatz entsprächen, da z.B. eine Tastatur eine andere Position in Bezug auf den Benutzer einnimmt als ein (Tower)PC. Beide Produktgattungen unter gleichen, aber als nicht zutreffend angesehenen, Entfernungen zu messen, würde keine für die Leserschaft angemessene Information liefern. Zum anderen wird aber angeführt, dass "physikalische" Werte wie Schalldruckpegel bei den niedrigen Pegeln der fraglichen Geräte nicht aussagefähig wären gegenüber einer empfindungsgemäßen Bewertung, z.B. der Lautheit in sone. Ein weiteres Argument ist der Aufwand für die Messung des Schallleistungspegels, der für die Leserschaft als

weniger wichtig eingeschätzt wird als der tatsächlich gemessene Wert, der etwa dem Emissions-Schalldruckpegel entspricht.

Wie relevant diese Argumente tatsächlich auch sein mögen, sie lassen sich nicht von der Hand weisen. Möglicherweise ist der Konflikt gar nicht so groß, weil der von den Zeitschriften gewählte Abstand in etwa dem Messabstand entspricht, der für die Messung am Arbeitsplatz zu wählen ist. Zudem haben wir gezeigt, dass man mit der Angabe von Schalldruckpegeln ***im allgemeinen*** keinen gravierenden Fehler gegenüber einer sone-Bewertung erzeugt (s. hierzu siehe "EXKURS" auf Seite 64.). Der Fehler kann im Einzelfall eintreten. Da die Presseorgane aber nicht unbedingt über Einzelfälle informieren wollen, ließe sich eine Akzeptanz möglicherweise auch bei ihnen erreichen.

6.2 Qualität und Benutzbarkeit der verfügbaren Daten

Bezüglich der ***Genauigkeit*** der verfügbaren Daten wird festgestellt, dass die Messung gemäß ISO 7779 zwar eine akzeptable Qualität bedeutet, die allerdings von Produkt zu Produkt unterschiedlich aussagefähig ist. Dies hängt u.a. damit zusammen, dass bei einer Reihe von Produkten unterschiedliche Betriebsmodi möglich sind, die der Benutzer zur Geräuschminderung auswählen kann, so z.B. bei Plattenlaufwerken, Druckern oder PCs. Ein anderer Grund ist die Freiheit des Herstellers, die Betriebsweise bei der Prüfung innerhalb gewisser Grenzen vorzugeben. Hierbei können der Prüfung unrealistische Betriebsbedingungen zu Grunde gelegt werden, um die Schallemission gering erscheinen zu lassen. Aber auch das Bemühen, die höchste Schallemission bei der Prüfung zu ermitteln, kann die Qualität der Daten mindern. So wird für die Vergabe von bestimmten Umweltzeichen bei Druckern die Messung bei höchster Druckqualität verlangt. Bei manchen Druckern emittiert die Maschine tatsächlich einen höheren Pegel, bei anderen hingegen geschieht das Gegenteil. Für PCs soll der Höchstwert bei der lautesten Komponente ermittelt werden. Das bedeutet, dass man beim Zugriff auf die Festplatte oder auf das CD-ROM-Laufwerk messen soll. Dieser Zustand ist aber kaum geeignet, die Lärmsituation an einem Arbeitsplatz zu charakterisieren, da kaum ein Benutzer so viele Daten generiert und hin- und herschaufelt, dass die benannten Komponenten eine nennenswerte ununterbrochene Betriebsdauer erreichen.

Die Schwäche der Messnorm lässt sich aber erheblich mindern, indem die Prüfbedingungen der Praxis besser angepasst werden, wo dies nötig erscheint. Gänzlich beseitigen kann man sie allerdings nicht, weil es "die Praxis" mit genau bestimmbaren Anforderungen nicht gibt, sondern allenfalls modellhafte Vorstellungen darüber.

Nach ISO 9296 deklarierte Daten sind nach unserer Feststellung dennoch die genaueste Quelle für systematisch aufbereitete Information. Sie können die Geräuschemissionen mit den oben angegebenen Ungenauigkeiten und den Einschränkungen, die mit der A-Bewertung zusammen hängen, kennzeichnen helfen.

Die ***Einheitlichkeit*** der Daten ist nur gegeben bei den Produkten, die normgerecht gemessen und deklariert worden sind. Die Daten, die von den untersuchten Zeitschriften veröffentlicht werden, sind daher nur in Verhältnis zu anderen aus der gleichen Publikation zu betrachten. Die Daten, die von c´t stammen,

wurden mit zwei unterschiedlichen Entfernungen gemessen. Daher sind keine Vergleiche über die gesamte Zeit von zehn Jahren möglich, für die die Daten zur Verfügung stehen. Solche Vergleiche sind aber für künftige Planungen von Büroumgebungen ohnehin von theoretischem Interesse, weil früher getestete Produkte meistens nicht mehr erhältlich sind.

Hinsichtlich der ***Verständlichkeit*** der Daten ist festzustellen, dass die Allgemeinheit immer noch Probleme hat, eine logarithmische Skala zu verstehen. Aus dieser Sicht scheint es nicht sinnvoll, nach Emissionsgrößen zu suchen, die Schallemissionen besser charakterisieren als jetzt.

Über die ***Validität*** der Daten, d.h. über die Frage, wie zutreffend die erfassten Größen die Geräuschsituation und die Wirkungen auf den Menschen charakterisieren, kann man unterschiedlicher Meinung sein. Einige der möglichen Probleme wurden in diesem Gutachten diskutiert. Bei der zu betrachtenden Produktvielfalt und den damit verbundenen Geräuschsituationen stellen A-bewertete Schalldruckpegel wirklich den kleinsten gemeinsamen Nenner dar. Es wurde aber gezeigt, dass man aus solchen Werten mit durchaus ausreichender Genauigkeit eine Übersicht über sone-Werte für eine Produktpalette vorhersagen kann, obwohl es theoretisch nicht möglich ist, dies für ein bestimmtes Objekt zu bewerkstelligen.

Die **Vergleichbarkeit** der verfügbaren Daten ist gegeben, wenn ein reliables Messverfahren vorlag. In diesem Gutachten sind nur Daten verwendet worden, die entweder aus Messlabors und Gutachten stammen, bei denen die Messbedingungen ermittelbar waren, oder von einer Zeitschrift, deren Messlabor wir besucht und die Messmodalitäten in Augenschein genommen haben. Die Daten aus der anderen Zeitschrift sind ebenfalls reliabel. Um eine Mischung von unterschiedlich aufbereiteten Daten zu vermeiden, wurde der umfangreichere Datensatz ausgewertet.

Hingegen wurden die im Internet gefundenen Daten zum großen Teil nicht ausgewertet, weil sie nicht präzise deklariert worden sind. So enthielten, wie bereits ausgeführt, nur 358 der 3480 Dokumente, die mit dem Stichwort "ISO 7779" gefunden wurden, auch das Stichwort "ISO 9296" (Stand 25. Juli 2001). Wenn man zusätzlich nach "operational mode" bzw. "mode of operation" suchte, blieben nur 81 Dokumente übrig. Bis auf drei Ausnahmen waren alle gefundenen Dokumente in "pdf"-Format, woraus man entnehmen kann, dass die üblichen Seiten im WWW, die die meisten Suchmaschinen finden, solche in html-Format, nicht alle für eine Vergleichbarkeit notwendigen Daten enthalten.

Dennoch kann das Internet der Vergleichbarkeit von Produkten auch heute schon dienlich sein, weil manche Hersteller gut aufbereitete Umweltdatenblätter zur Verfügung stellen. Andere schicken auf Anforderung elektronisch aufbereitete Daten per e-Mail, was den Vorteil hat, dass man sie direkt verwenden kann. Der Beschaffungsaufwand für solche Information für einen Planer bzw. Beschaffer ist zuweilen geringer als der, den man bei tatkräftiger Hilfe eines Vertriebsmitarbeiters des Herstellers hätte, von der Geschwindigkeit und vom Benutzungskomfort ganz zu schweigen.

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

6.3 Setzen von Grenzwerten

Grenzwerte für bestimmte Größen stellen eine Möglichkeit dar, den Bereich des wünschenswerten Handelns auf einem Gebiet zu begrenzen. Nicht überraschenderweise finden sie sich daher bei vielen Regelwerken, deren Name mit "…schutz" endet, z.B. Umweltschutz, Arbeitsschutz oder Strahlenschutz. Nicht selten passiert es, dass man "Schutz" mit "Sicherheit" verwechselt, wie man an vielen Stellen in der Literatur nachweisen kann.

Dort, wo Grenzwerte sinnvoll gesetzt worden sind bzw. gesetzt werden konnten, kann man davon ausgehen, dass die angestrebte Sicherheit, bis auf ein mögliches Restrisiko, gewährleistet ist. So kann man z.B. für alle Strahlungsarten, die in der Natur vorkommen, Grenzwerte setzen, die sich an der Intensität in natürlichen Umgebungen orientieren. Hingegen lassen sich für Einwirkungen, die in der Natur nicht vorkommen, keine Grenzen setzen, ohne ein Modell von der Einwirkung zu benutzen. So existieren in der Natur keine starken Magnetfelder mit niedrigen Frequenzen, wie sie Bildschirmgeräte emittieren. Wenn man darin eine Gefahr vermutet, wird nach dem Prinzip "ALARA" (as low as reasonably achievable) gehandelt, was so viel bedeutet wie "wenn sich die Gefahr nicht vermeiden lässt, das mit vertretbarem Aufwand Mögliche realisieren". Nach diesem Prinzip wird häufig im Strahlenschutz gehandelt, z.B. bei der Festlegung von Prüfkriterien für Bildschirmgeräte durch die TCO. Die Anwendung des Prinzips scheitert allerdings dort, wo die angenommene Gefahr die Funktion der angenommenen Gefahrenquelle darstellt. So mühen sich seit Jahren Fachleute wie Gerichte um das Problem der "Handy"-Strahlung, d.h. der Energieabstrahlung von tragbaren Sprechapparaten und der Netzwerke für den Mobilfunk, ohne eine Lösung zu finden.

Eine weitere Art von Grenzwerten wird gesetzt, wenn jede Höhe einer Einwirkung an sich unerwünscht ist, aber nicht immer und nicht überall vermeidbar. Solche Grenzwerte sind Vereinbarungen und sind häufig daran erkennbar, dass die Zahlenwerte "rund" sind und eine oder mehrere Nullen oder eine fünf enthalten. Ein gutes Beispiel für solche Grenzwerte sind die Bestimmungen der Arbeitsstättenverordnung zum Lärmschutz. Sie fordert grundsätzlich, dass der Schallpegel so niedrig zu halten ist, wie es nach der Art des Betriebes möglich ist. Sie setzt einen oberen Grenzwert für sämtliche Arbeitsstätten, der nach langen Auseinandersetzungen über die Schädigung des Gehörs gefunden wurde. Darüber hinaus sind zwei weitere (abgeleitete) Grenzwerte (55 dB(A) und 70 dB(A) für den Beurteilungspegel) für bestimmte Arten von Tätigkeiten festgelegt worden. Es lässt sich trefflich darüber streiten, ob sie nach dem richtigen Kriterium festgelegt worden sind oder ob ihre Höhe stimmt. Der gleiche Streit existiert im Bereich des Strahlenschutzes seit Jahrzehnten, ohne freilich ein greifbares Ergebnis zu liefern.

Die zuletzt genannten Grenzwerte sind Immissionsgrenzwerte und lassen sich mit einem Einwirkungsmodell begründen. Wesentlich schwieriger gestaltet sich das Setzen von Grenzwerten für Emissionen, da nur bei bestimmten Konstellationen sich die Immission unmittelbar aus der Emission ableiten lässt, so z.B. bei Tastaturgeräuschen in Bezug auf den eigenen Benutzer. Wie in diesem Gutachten beschrieben, existieren Grenzwerte für Schallemissionen von Produkten für die privatrechtliche Vergabe von Prüfzeichen (z.B. "TCO 99", "Blauer Engel"). Da die Vergabe der behandelten Prüfzeichen "Umweltfreundlich-

keit" im erweiterten Sinne bezweckt, werden bei den Prüfkriterien nur Grenzwerte für den Schallleistungspegel festgelegt. Hierdurch wird die Situation am eigenen Arbeitsplatz nur dann berührt, wenn der "Emissions-Schalldruckpegel" durch die Maßnahmen zur Beeinflussung des Schallleistungspegels ebenfalls beeinflusst wird. Dies ist aber nur bei Produkten der Fall, wo die beiden Größen hoch korreliert sind. Dies ist zum einen nicht selbstverständlich. Zum anderen liegen die "hohen" Korrelationen bei 0,80. Daher kann man zwar den Emissions-Schalldruckpegel bei Kenntnis des Schallleistungspegels gut abschätzen, aber mehr nicht.

Das bedeutet, dass Grenzwerte für den Emissions-Schalldruckpegel ebenfalls erforderlich sind, wenn solche für den Schallleistungspegel gesetzt werden. Nach den Vorschriften der Bildschirmarbeitsverordnung (1*7. Bei der Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes ist dem Lärm, der durch die zum Bildschirmarbeitsplatz gehörenden Arbeitsmittel verursacht wird, Rechnung zu tragen, insbesondere um eine Beeinträchtigung der Konzentration und der Sprachverständlichkeit zu vermeiden.*) müssen hierzu andere Kriterien herangezogen werden als bislang nach der ArbStättV üblich.

Für die Vergabe des "GS-Zeichens" an IT-Produkte wurde der Vorschlag gemacht, einen Grenzwert bei 55 dB(A) Schallleistungspegel zu ziehen. Die ausgewerteten Daten zeigen, dass dadurch Probleme entstehen können. So gehört z.B. die Tastatur nach der BildscharbV zum Arbeitsplatz, nach der (mittlerweile abgeschafften) Norm DIN 66 233 auch zum Bildschirmgerät und wäre somit auch als Bestandteil eines PC zu betrachten. Falls ein Grenzwert von 55 dB(A) vereinbart wird, können viele Produkte dieses Zeichen nicht verliehen bekommen, wenn konsequent gehandelt wird. Das würde die mit viel Mühe leiser gestalteten "stealth"-PC ebenso treffen wie fragwürdige Produkte, bei denen jede Komponente für sich den Grenzwert überschreiten kann.

Einen weiteren Problembereich für eine Grenzwertsetzung bilden Drucker bzw. artverwandte Produkte wie Kopierer, Faxgeräte oder Kombigeräte, die vom Kopieren bis Drucken alle Funktionen bieten. Wie im Gutachten gezeigt wird, sind ihre Schallemissionen mit der Leistung korreliert. D.h., der Grenzwert ließe sich theoretisch bei geringerer Leistung als geboten einhalten. Somit würden gerade leistungsfähige Produkte kein Prüfzeichen erhalten. An dieser Stelle sei auch die Vergabepraxis für den "Blauen Engel" verwiesen, die selbst innerhalb einer Produktgruppe (Drucker) differenziert. Wenn Grenzwerte gesetzt werden, sollte eine ähnliche Differenzierung erfolgen.

Die Vereinbarung fester Grenzwerte ist stets mit der Gefahr verbunden, dass sie sich überleben können. So können aus heutiger Sicht durchaus sinnvoll gesetzte Geräuschemissionsgrenzwerte in wenigen Jahren nur noch der Legitimation schlechter Produkte dienlich sein, wenn der größte Teil des Marktes diese Werte weit unterschreitet. Der um bessere Produkte bemühte Hersteller würde für den von ihm geleisteten Aufwand dadurch eher bestraft als belohnt werden. Daher ist es sinnvoller, Vorgaben zu machen, die sich an den Fortschritt der Technik sukzessiv anpassen lassen. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass für jede Produktgattung in festgelegten Abständen der Mittelwert der betreffenden Emissionsgröße sowie die Standardabweichung mit HIlfe marktgängiger Produkte bestimmt wird. Für die Auszeichnung mit dem "GS-Zeichen" würde die Einhaltung einer bestimmten maximalen Abweichung von diesem Wert verlangt

werden, die sich als Vielfaches bzw. als Bruchteil der Standardabweichung berechnen lässt. Somit würden die Vorgaben produktgruppenweise differenziert werden und sich am jeweiligen Stand der Technik orientieren. Ein solches Vorgehen entspricht der prinzipiellen Vorgehensweise des Arbeitsschutzgesetzes, wonach die Arbeitssicherheit durch eine prozesshafte Fortschreibung und Verbesserung von Arbeitsschutzmaßnahmen stetig verbessert werden soll.

6.4 Weiteres Vorgehen

6.4.1 Aktualitäts- und Aktualisierungsproblem

Diese Gutachten dient der Beschreibung und Feststellung des Standes der Technik bezüglich der Geräuschemissionen von technischen Einrichtungen, die möglicherweise in einer VDI-ETS-Richtlinie aufbereitet werden sollen. Dementsprechend stammen die aufbereiteten Daten zum größten Teil aus den letzten zwei Jahren. Während der Untersuchung haben wir aber festgestellt, dass manche Daten schneller altern als man sie sammeln und veröffentlichen kann. Dies sieht man z.B. deutlich daran, dass der Bericht von ECMA TR 62 vom Jahre 1993 zu einem erheblichen Teil Daten von eher historischer Bedeutung enthält. Offenbar hat auch ECMA ein Aktualisierungsproblem. Dies ist nicht verwunderlich, weil zwischen der Entstehung eines Datums (Eingang des Gutachtens einer Prüfstelle beim Antragsteller) und seiner Verwertung in einem systematisch aufbereiteten Dokument notwendigerweise mehrere Monate vergehen können. Dokumente können, auch wenn die Daten zeitgleich mit ihrer Entstehung bei der aufbereitenden Stelle eingingen, nicht ständig aktualisiert werden, weil ansonsten deren Benutzer ein Beschaffungs- und Prüfungsproblem hätten.

Man kann Aktualisierungsprobleme zwar lösen, jedoch zeigt unsere Erfahrung mit der Vorbereitung und Veröffentlichung sowie Aktualisierung von normativen Dokumenten, dass dies meist nicht erfolgreich ist. So wurde beispielsweise die Arbeit an DIN EN ISO 9241-3 über Bildschirmgeräte im Jahre 1983 begonnen und etwa zehn Jahre später teilweise abgeschlossen. Der letzte notwendige Teil dieser Norm geht erst jetzt seiner Vollendung entgegen, d.h. zu einem Zeitpunkt, an dem die letzten Bildschirmterminals ausrangiert werden, für die diese Norm eigentlich gilt. Dem Stand der Technik wird sie erst etwa im Jahre 2005 angepasst werden können. Zwar werden VDI-Regeln ungleich schneller bearbeitet bzw. überarbeitet, jedoch auch sie sind ungleich langlebiger als die Produkte, um die es bei diesem Gutachten geht. Das Dokument, welcher Art auch immer, müsste einen Aktualisierungszyklus haben, der der Entwicklungsgeschwindigkeit der behandelten Produkte entspricht.

6.4.2 Berücksichtigung internationaler Verflechtungen

Bei dem Hersteller-Symposium haben sich die Hersteller dahingehend geäußert, dass sie es gerne vermeiden würden, dass neue "Zeichen" kreiert werden. Eine Richtlinie, wie sie auch beschaffen wäre, sollte aus dieser Sicht gesehen mit dem derzeitig üblichen Vorgehensweisen "kompatibel" sein. Zum anderen müsste berücksichtigt werden, dass die meisten Produkte, um die es geht, ausländische Erzeugnisse sind. Auch wenn der Hersteller aus dem Inland stammt, sind seine Vorgehensweisen durch Verflechtungen mit ausländischen

Partnern mitbestimmt. Daher würden die Inhalte einer VDI-Richtlinie stark von Gegebenheiten außerhalb Deutschlands und der EU bestimmt sein.

6.4.3 Aktualisierung des ECMA TR 62 als Option

Eine Möglichkeit, die Information der Allgemeinheit über Schallemissionsdaten zu verbessern, bestünde in der Aktualisierung des ECMA Report TR 62, der analog zu DIN EN ISO 11689 aufbereitete Daten enthält. In diesem Fall würden die Schallemissionsdaten in einem getrennten Dokument enthalten sein und nicht in andere Dokumente eingebettet.

6.4.4 Verankerung in Umweltdatenblättern

Die Hersteller haben aber auch die Bereitschaft erkennen lassen, Schallemissionsdaten generell in Umweltdatenblätter aufzunehmen, wie dies bereits jetzt bei vielen Herstellern vorgenommen wird. Dies hätte den Vorteil, dass Daten ausschließlich von aktuellen Produkten verfügbar sind. Da viele Hersteller eine Umweltdeklaration unterzeichnet und sich verpflichtet haben, eine bestimmte Umweltpolitik zu verfolgen, scheint dieser Weg geradliniger zum angestrebten Ziel zu führen.

Es müsste allerdings durchgesetzt werden, dass für die Vergabe der Umweltzeichen alle Daten, die nach ISO 9296 zu deklarieren sind, verlangt werden, auch wenn nicht mit einem Grenzwert belegt. Das ist derzeit nicht der Fall.

6.4.5 Aufbereitung für das Internet

Die jetzt aufbereiteten Daten sowie solche, die von ausgewählten Herstellern in absehbarer Zeit erwartet werden können, lassen sich relativ einfach und preiswert im Internet anbieten. Die Aktualisierung wäre ebenfalls preiswert. Es lässt sich einrichten, dass neu anfallende Daten über dynamische Datenbanken theoretisch sofort eingearbeitet werden.

Die Aufbereitung kann nach dem Beispiel eines Herstellers erfolgen, der eine große Palette von Produkten einfach abrufbar aufbereitet hat (Bild 18). Bei dem dargestellten Beispiel betrug die Suchzeit bis zum Finden des Umweltdatenblatts bei bekannter Modellnummer nach Eingabe von "Herstellername", "Modell" und "db" unter 0,5 s. Beim umständlichen Weg über die Einstiegsseite des Herstellers waren es etwa vier Klicks bei weniger als 10 Sekunden.

6.4.6 Verwendung für weitere Zeichen

Im Rahmen der Erarbeitung der Prüfgrundsätze für die Vergabe des "GS"-Zeichens wurde diskutiert, ob man für IT-Produkte allgemein einen Grenzwert von 55 dB(A) für den Schallleistungspegel einführen sollte. Wenn viele Produkte diese Grenze einhalten würden, wäre dies sicherlich ein wünschenswerter Zustand. Die Auswertungen zeigen aber, dass selbst als leise bekannte Produkte wie Tintenstrahldrucker die Hürde zu einem erheblichen Teil nicht nehmen könnten. Und wenn man bei Systemen, der Logik der Prüfung der jetzigen Umweltzeichen entsprechend (Messung mit der lautesten Komponente), die Tastatur einbezöge, könnten viele Systeme kein GS-Zeichen bekommen. Laserdrucker würden nur bei sehr geringen Leistungen den Schallpegel einhalten können. Und das auch nur Graustufendrucker. Von Farblaserdruckern der jetzigen Bauweise würden vermutlich nur wenige die Prüfung bestehen.

Es scheint sinnvoll, die Vorgehensweise vom Umweltbundesamt bzw. TCO zu übernehmen und Geräte nach Leistungsklassen, sofern vorhanden und sinnvoll, einzuteilen. Bei bestimmten Grenzwerten, die höher gesetzt werden müssen als im Büro zuträglich, sollte vom Hersteller verlangt werden, in den Unterlagen auf den Geräuschpegel hinzuweisen, wie es das Umweltbundesamt praktiziert. Der Hinweis ist damit zu verbinden, dass das Gerät besser in isolierten Räumlichkeiten aufgestellt werden sollte.

Bei Tastaturen, für die solche Ersatzmaßnahmen nicht möglich sind, sollte eine Frist gesetzt werden, ab wann Pegel über dem Stand von 1993 (Mittelwert bzw. Median der ECMA-Daten) nicht mehr akzeptiert werden. Eine zweite Frist sollte gesetzt werden, ab wann der Schallleistungspegel von 55 dB(A) eingehalten werden muss.

6.4.7 Weißbuch

Es ist denkbar, die Schallemissionsdaten als "Weißbuch" gemeinsam mit Methoden für schallarme Gestaltung von Produkten und (arbeits-)umweltbewussten Betrieb von IT-Produkten herauszugeben. Darin können nicht nur Messdaten dargelegt werden, sondern auch Ergebnisse von Projekten wie "Silent PC" oder "Stealth PC", die auf einen geräuschfreien Betrieb von Rechnern zielen.

In einem solchen Weißbuch können Produkte hervorgehoben werden, die sich von anderen durch Geräuschfreiheit zumindest in bestimmten Betriebsphasen unterscheiden, so z.B. Drucker ohne Lüfter oder PCs, die nur dann Geräusch erzeugen, wenn größere Mengen Daten bewegt werden. Das "Weißbuch" kann naturgemäß vollständig elektronisch erstellt und mit der Internetaufbereitung gekoppelt werden.

6.4.8 Verwendung für eine VDI-ETS-Richtlinie

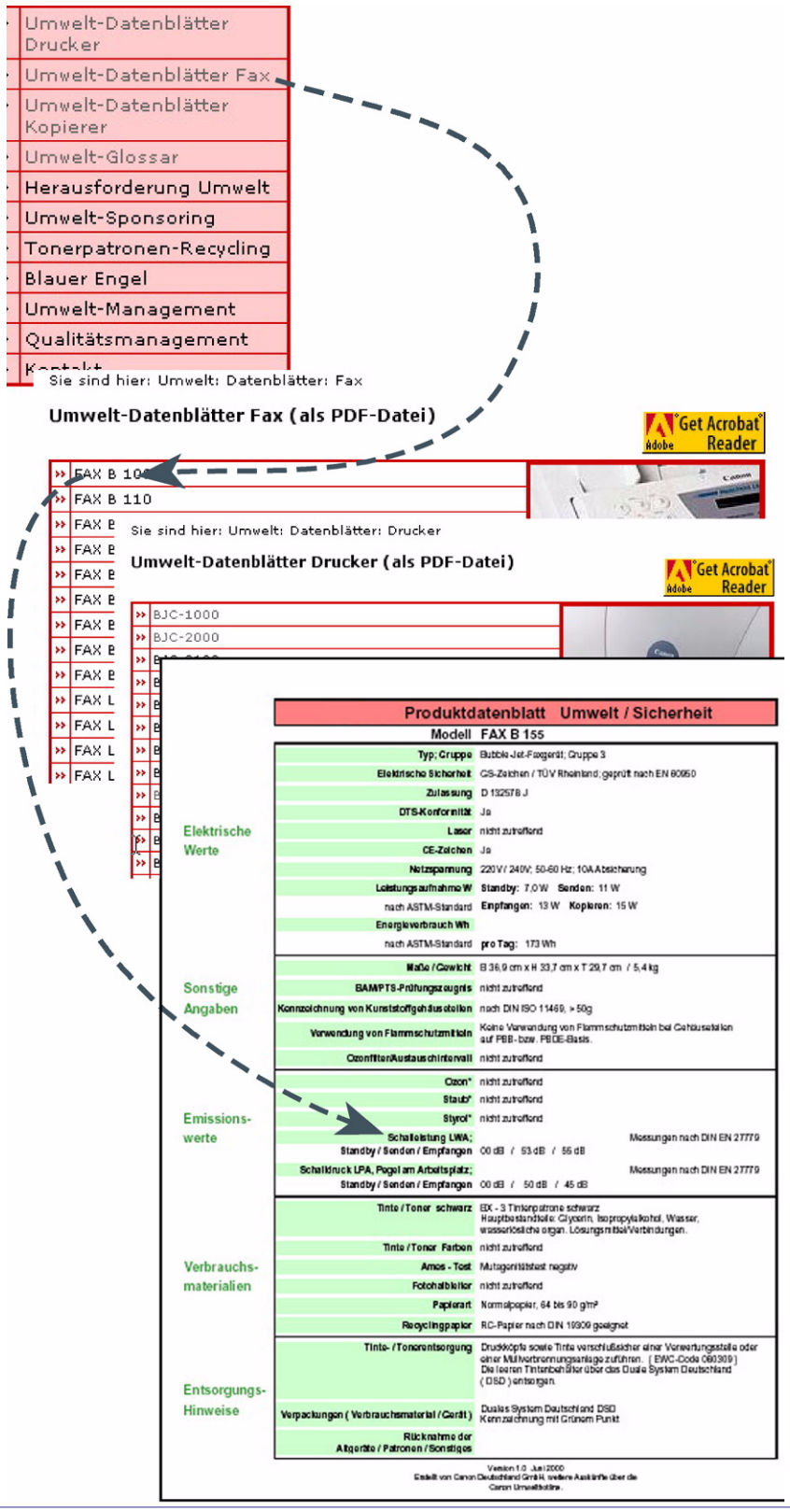
VDI-Richtlinien weisen gegenüber Normen den Vorteil auf, dass sie häufig schneller erstellt bzw. aktualisiert werden können. Selbst wenn die Entwicklungsgeschwindigkeit auf einem bestimmten Markt schnellere Aktualisierungen erforderlich macht, als es der durchschnittlichen "Lebensdauer" einer VDI-Richtlinie entspricht, kann bei entsprechender Aufteilung der Bestimmungen einer solchen Richtlinie - zumindest theoretisch - die Aktualität gewahrt bleiben.

Ein Teil der Information, die eine solche Richtlinie enthielte, ist von Änderungen relativ selten betroffen. So würden z.B. Hinweise zur Verwendung von Normdaten für eine Beschaffung bzw. Planung auch nach einem Jahrzehnt noch gültig und nützlich sein. Derjenige Anteil der Informationen, für den ein schnellerer Aktualisierungsbedarf vorhergesehen werden kann, sollte sinnvollerweise in Dokumenten zusammengestellt werden, die schneller aktualisiert werden können bzw. dürfen. Hierfür kann man z.B. das Instrument der Beiblätter verwenden. Beispielsweise die ISO bietet seit etwa drei Jahren drei Möglichkeiten für Dokumente unterhalb des Niveaus einer Norm an:

- Industrial Technical Agreement ("Workshop"-route)
- Publicly Available Specification (ISO/PAS)
- Technical Specification/Technical Report (ISO/TS bzw. ISO/TR)

E R G O N O M I C
Institut für
Arbeits- und
Sozialforschung
Forschungsgesellschaft
mbH

Bild 18 Beispiel für eine erfolgreiche Aufbereitung für das Internet



Für die ersten beiden Niveaus benötigt man lediglich einen Konsens unter Experten. Sie lassen sich sogar in einem Workshop erarbeiten. Um zu vermeiden, dass Bestimmungen eines Regelwerks über die vorgesehene Lebensdauer hinaus gültig bleiben und dadurch eventuell Probleme für den technischen Fortschritt bereiten, können solche Dokumente notfalls mit einem Verfallsdatum versehen werden.

Da sich das Umfeld, in dem IT-Produkte eingesetzt werden, in dem Hintergrundgeräuschpegel sehr stark unterscheiden kann (von ca. 30 dB(A) in leisen Büros bis zu 70 dB(A) in stark mit Maschinen besetzten Räumen), sollten für Emissionswerte einzelner Produkte nicht Grenzwerte gesetzt, sondern Klassen vorgegeben werden. Beispielsweise können für jede Produktgattung drei Klassen bestimmt werden, die sich am Mittelwert orientieren (z.B. "leise" (unter M - 0,5 s, "normal" (M ± 0,5 s) und "laut" größer (M + 0,5 s)).

Literatur und Normen

Bögeholz, H. Platten-Karussell Zusammenfassung 331 Festplatten im Vergleich, c´t 16/2000

CEN pr EN ISO 7779 Akustik - Geräuschmessung an Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik (ISO 7779)

DIN EN ISO 9241-6 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6 - Leitsätze für die Arbeitsumgebung

ECMA Technical Report 62 Product Noise Emission of Computer and Business Equipment, 1993

ECMA Technical Report 109 Declared Noise Emission Values of Information Technology and Telecommunications Equipment, 4. Auflage Dez. 1996

ECMA Technical Report TR/27 Method for the prediction of installation noise levels, 2. Auflage, Juni 1995

ECMA Technical Report TR/70 Product-related environmental attributes

ECMA-74 Measurement of Airborne Noise

EMPA- Dezibel & Co.- Schriftliche Fassung des Referates von Kurt Eggenschwiler auf der Tagung Vereinigung für Umweltrecht vom 28. September 1994 http;//www.empa.ch/deutsch/fachber/abt177/laerm/vur.pdf

Hewlett-Packard HP PCs and Acoustic Noise - Background information on PC

ISO 7779: 1988 Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by computer and business equipment

ISO 9296: 1988 Acoustics - Declared noise emission values of computer and business equipment

Lazarus, H.: Läßt sich das Lautheitsbewertungsverfahren nach Zwicker für die praktische Lärmbekämpfung nutzen?, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 37 (1990) Nr. 2, S. 54-55

TCO 99 – Mandatory and recommended requirements for System Units and Graphic Adapters, TCO 1998

TÜV Rheinland Eco - Kreis 2000 Umweltprüfzeichen der TÜV Rheinland Product Safety GmbH für informationstechnische Geräte, 01.2000

Umweltbundesamt Vergabegrundlagen für den Blauen Engel, http://www.blauer-engel.de/Produkte/index.htm, 21. Juli 2001

Zollner, M. persönliche Mitteilung, Juli 2001

Zwicker, E. Psychoakustik, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1982

EXKURS

Zusammenfassende Bemerkungen zur Bewertung von Schallereignissen nach Schallleistungs- und Schalldruckpegeln und nach der sone-Skala

Wie in diesem Bericht angeführt, können nach Aussagen von Zwicker bei Lärmbekämpfung auf der Basis von Schalldruckwerten nicht nur gewisse Fehler, sondern sogar schwerwiegende Mängel entstehen. Auf ähnlichen Annahmen basierend wurde die "sone"-Skala entwickelt, die zwei Vorteile aufweisen soll. Zum einen soll sie als eine lineare Skala für Nicht-Fachleute leichter verständlich sein als eine logarithmische Skala, wie man sie für Schalldruckpegel benutzt. Zum anderen soll die damit bezeichnete Größe (Lautheit) der subjektiv empfundene Wirkung eines Schallereignisses besser entsprechen.

Es ist zunächst festzuhalten, dass weder Schalldruckpegel in dB noch Lautheit in sone die Gesamtheit aller Wirkungen des gemessenen Schalls auf den Menschen hinreichend beschreiben helfen. Es ist nicht einmal wahrscheinlich, dass eine Größe gefunden werden könnte, die bei der Vielfalt von Einwirkungsmöglichkeiten von Schall bzw. Lärm auf den Menschen validiert werden könnte. Die Gesamtheit der negativen Wirkungen der unerwünschten Schallimmission bei Pegeln, die keine Gehörschädigung hervorrufen können, kann sich erstrecken über:

- Unerwünschte Reaktionen des zentralen und vegetativen Nervensystems
- Behinderung bei der sprachlichen und sonstigen Kommunikation
- Minderung der Leistungsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit
- Lästigkeit.

Jede der aufgezählten Wirkungen kann weitere nach sich ziehen. So kann die Behinderung bei der sprachlichen Kommunikation z.B. beim Telefonieren zu einer höheren Aufmerksamkeitsbelastung wie zu einer körperlichen Anstrengung auf Grund höherer Konzentration führen. Wenn physikalische Ereignisse messtechnisch erfasst werden, um deren Wirkung auf den Menschen zu ermitteln, muss eine Beziehung zwischen der Ursache und der Wirkung hergestellt und validiert werden. Hierzu gehört eine modellhafte Darstellung (Einwirkungsdefinition), die bei Schallereignissen nur lückenhaft existiert, obwohl es an Forschungsanstrengungen nicht gefehlt hat.

Wenn man akustische Daten nicht um der Daten willen erfasst, sondern mit dem Ziel, mit deren Hilfe Lärmbekämpfung zu betreiben, muss die Frage gestellt werden, mit welchen Daten sich dieses Ziel besser bzw. schneller erreichen lässt. Da eine erfolgreiche Lärmbekämpfung stets an der Quelle der zu bekämpfenden Energieemission beginnen sollte, besitzen die Fähigkeiten der Institutionen und Personen, die hierzu beitragen können, eine ausschlaggebende Rolle. Dies wären im Falle von IT-Produkten z.B. Geräteentwickler und deren Auftraggeber, Prüfstellen und auch Personen, die die Auswahl von Geräten treffen, die später im Arbeitsumfeld erscheinen. Nach unserer Erfahrung haben allenfalls die Prüfstellen die Möglichkeit und die Bereitschaft, sich mit einer neuen Skala zu auseinander zu setzen. Von den Entwicklern lässt sich nicht einmal behaupten, sie zeichneten sich durch gekonnten Umgang mit den länger bekannten Größen aus, die auf der Messung des Schalldrucks beruhen. Aus die-

ser Sicht erscheint es wenig aussichtsreich, neue Größen einzuführen. Wie groß die Aussichten hierfür sind, lässt sich daran ermessen, wie weit sich die Lautheit in fast einem halben Jahrhundert nach der ersten Idee hat durchsetzen können.

Zum Durchsetzen hätte es unter anderem eines wichtigen, wenn nicht unschlagbaren Arguments bedurft, das Fachleute schlecht ignorieren können. Wenn man sich die Korrelationen von Schalldruckpegeln und Lautheitswerten für die gleichen Objekte anschaut (siehe "Zur Aussagefähigkeit der physikalischen Daten" auf Seite 16.), die fast immer oberhalb von 0,9 liegen (gemeinsame Varianz in sieben von neun berechneten Werten > 0,9, im Durchschnitt 0,92), fällt es schwer, an die Existenz solcher Argumente zu glauben. Wenn beispielsweise ein Entwickler fünf Varianten des gleichen Produktes mit relativ geringen Unterschieden im akustischen Verhalten prüfen möchte, müsste die zur Proportionalität der beiden Größen hinter der noch zu aufzuklärenden gemeinsamen Varianz von 0,08 eine wichtige Information stecken.

So wie die bislang betrachteten Gruppen Argumente für die Betrachtung ihrer Objekte, für die Quellen der Emission, benötigen, müsste die Lautheitsbewertung für diejenigen neue, wichtige Information liefern, die sich mit der Übertragung des Schalls von der Quelle zum Immissionsort und mit den Verhältnissen an diesem beschäftigen. Dies wären z.B. Planer für Arbeitsstätten, die aus den Daten der Emissionsquellen und der Arbeitsumgebung die Immissionswerte berechnen bzw. die Einhaltung zulässiger Immissionwerte voraus berechnen sollen. Lazarus (Lazarus, 1990) führt hierzu aus, dass man mit Hilfe der Lautheit weder eine Abschätzung der Immission aus Emissionskenngrößen vornehmen kann noch die zu erwartenden Wirkungen auf den Menschen vorbestimmen. Zudem fehlt es an einer "vereinbarten" Methode der zeitlichen Mittelung. So können Wirkungen der Schallexposition, die mit der Expositionsdauer zusammen hängen, nicht aus den Messdaten vorhergesagt werden.

Diese Betrachtungen zeigen, dass die Lautheit für die Lärmbekämpfung nicht nur keine ausschlaggebenden Vorteile mit sich bringt, sondern auch potenzielle Nachteile. Sie eignet sich daher möglicherweise als zusätzliche Größe, jedoch nicht als Leitgröße für eine Planung. Benötigt wird ein "lärmwirkungsrichtiges" Verfahren und nicht allein "gehörrichtiges" Verfahren (Lazarus, 1990). Auch dort, wo Aussagen wie "Lautheit - Ende des Dezibels in Sicht" angeführt werden, steht erstens ein Fragezeichen hinter der Aussage, und zweitens wird darauf verwiesen, dass die Anwendung des Verfahrens vorläufig im Wesentlichen der Forschung und der Behandlung von Spezialgutachten vorbehalten bleibt (EMPA, 1994).

Ein Problem, mit dem jedes Bewertungsverfahren bis zu seiner Anerkennung zu kämpfen hat, ist die Transparenz der Ermittlung der Betrachtungsgröße (hier Lautheit in sone) und dem physikalischen Ereignis, das mit dem Bewertungsverfahren gekennzeichnet werden soll. Unter den Begriff "Schalldruck" können sich selbst "gebildete Laien" etwas vorstellen, auch wenn sie sich mit dem Begriff "Schalldruckpegel" etwas länger beschäftigen müssen. Die Logik der "A-Bewertung" lässt sich auch einem Laien plausibel erklären, da die unterschiedliche Empfindlichkeit des Gehörs für verschiedene Frequenzen geläufig ist. Hingegen zeichnet sich die Berechnung der Lautheit durch ein hohes Maß an Intransparenz aus, was man z.B. daran erkennen kann, dass ein Programm zur

Berechnung von Lautheit (C-Routinen zur Berechnung der Lautheit nach DIN 45631, Copyright: Mueller-BBM GmbH Modifikationen: Thomas Lauterbach, Sebastian Streich) ca. 10 Seiten Programmcode in einer mächtigen Programmiersprache mit ca. 20 wichtigen Berechnungsschritten umfasst. Jeder dieser Schritte (z.B. "/* Terzpegelabsenkung bei niedrigen Frequenzen gemaess den Kurven gleicher Lautstaerke in den acht durch RAP definierten Bereichen" oder "/* Wertebereich der Spezifischen Lautheit, der die Flankensteilheit der oberen Flanken im Spezifischen Lautheits-Tonheits-Muster festlegt") bedeutet eine weitere Entfernung vom physikalischen Geschehen, das mit Hilfe des Verfahrens quantitativ gekennzeichnet werden soll. Dies stellt mit Sicherheit keine Erleichterung für die Aufgaben eines Praktikers dar, wenn er die von ihm zu beurteilenden Größen verstehen und anderen gegenüber überzeugend darstellen soll.