

Daylighting in Schools -

Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen
Tageslicht und menschlicher Leistung
in verschiedenen Schulen der USA -

Gisela Çakir
ERGONOMIC Institut für
Arbeits- und Sozialforschung
Forschungsgesellschaft mbH

Soldauer Platz 3
14055 Berlin

e-mail: gisela.cakir@ergonomic.de

tel: 030-302 10 50

fax: 030-301 98 40

Kurzbericht über die Studie

Die Studie *"Daylighting in Schools - An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance"* wurde von der *Heschong Mahone Group* in den USA mit dem Ziel erstellt, Erkenntnisse über den Einfluss des Tageslichts in Gebäuden auf die menschliche Leistung zu gewinnen.

Die Studie steht im engen Zusammenhang mit einer weiteren, parallel durchgeführten Untersuchung, bei der das Kaufverhalten im Einzelhandel in Abhängigkeit vom Tageslicht untersucht wurde. Beide Studien zeigen, dass Tageslicht in Gebäuden eine positive Wirkung auf menschliche Leistung haben, allerdings wird deutlich gemacht, dass die Gründe dafür nur vermutet werden können. Es bedarf weiterer Forschung.

Die Untersuchungen wurden in den Bereichen Schule und Einzelhandel durchgeführt, da hier über einen ausreichend großen Zeitraum hinreichend große Datenbestände über dort erbrachte Leistungen erfasst wurden, und detaillierte Informationen über die Gebäude und den Betrieb der Gebäude vorlagen, die zudem jeweils zum wesentlichen Teil vergleichbar waren.

Um den Einfluss von Tageslicht von dem Einfluss der "Sichtverbindung nach draußen" zu trennen, kam der Bewertung von Oberlichtern eine besondere Bedeutung zu, da hier der Einfluss der Sichtverbindung nach draußen entfällt. Hierzu eigneten sich insbesondere die Daten der Schulen des Capistrano Districts in Kalifornien, da dort in den Schulen ein breites Spektrum an unterschiedlichen Fenstern sowie unterschiedlich großen Fensterflächen und Oberlichtern vorhanden ist und zudem Leistungsdaten zu Beginn und am Ende eines Schuljahres erhoben werden.

Der Kurzbericht gibt einen Überblick über die Hintergründe der Untersuchung, die vorbereitenden Arbeiten, die Merkmale der ausgewählten Standort und die Überlegungen für die statistischen Auswertungen und stellt die Ergebnisse der Studie *"Tageslicht in Schulen"* zusammenfassend dar. Darüber hinaus werden die Überlegungen der *Heschong Mahone Group* über die möglichen Ursachen der positiven Wirkung auf die schulische Leistung wiedergegeben.

Allgemeine Projektinformationen

Verantwortliches Unternehmen

Die Untersuchung wurde von der Heschong Mahone Group, einer Gruppe aus Architekten und Ingenieuren, mit Sitz in Fair Oaks in Kalifornien, USA, durchgeführt. Dieses Unternehmen befasst sich insbesondere mit Fragen der Energieeffizienz von Gebäuden und hatte bereits vor dieser Untersuchung das Projekt "Helle Schulen" für kalifornische Schulen durchgeführt. Das Unternehmen befasst sich insbesondere auch mit grundsätzlichen Fragen zu Oberlichtern und mit Planungsfragen.

Beteiligte Unternehmen

In das Projekt wurden für die statistischen Arbeiten und Tageslichtuntersuchungen weitere Unternehmen als Unterauftragnehmer mit spezifischen Kenntnissen eingebunden.

Auftraggeber und Verwaltung

Der Auftrag für das Projekt erfolgte von dem "California Board for Energy Efficiency" im Rahmen eines Förderprogramms. Das Projekt wurde von "Pacific Gas and Electric" verwaltet.

Veröffentlichung und Bekanntheitsgrad

Die Ergebnisse wurden offenbar auf breiter Basis der Presse vorgestellt. Heute finden sich im US-amerikanischen Raum von den verschiedensten Organisationen, Wissenschaftlern und Unternehmen zahlreiche Hinweise auf das Projekt im Internet und in der Presse. Zudem wird auf den Untersuchungsbericht auch bereits in anderen Berichten hingewiesen.

Anlass

In den USA wurden in den sechziger Jahren in einigen Staaten, insbesondere in Kalifornien, aus verschiedenen Gründen sehr viele Schulen ohne Fenster bzw. mit geringem Fensteranteil gebaut. Eine Diskussion entfachte sich in den siebziger und achtziger Jahren aus Gründen des psychischen und physischen Wohlbefindens, daran anschließend auch aus energetischen Überlegungen. Eine neue Dimension erhielt die Thematik durch Aussagen, dass Tageslicht die menschliche Leistung fördere, so z.B. in Schulen:

Ähnliche Studien

- Nicklas, M. and G. Bailey, "Analysis of the Performance of Students in Daylit Schools," Proc. of the 1997 Annual Conference, ASES
- Kuller, R. and C. Lindsten, "Health and Behavior of Children in Classrooms with and without Windows," Journal of Environmental Psychology, 12, pp. 305-317, 1992

Zudem belegte z.B. die Wal-Mart-Kette erhöhte Umsatzzahlen mit tageslichtbeleuchteten Verkaufsräumen.

Darüber hinaus befassten sich zahlreiche Studien mit Energieeinsparungen durch Tageslichtsnutzung: Es konnte gezeigt werden, die die Kosten für die Tageslichtmaßnahmen bald amortisiert haben bzw. amortisieren werden, so z.B.

- Nicklas, M. and G. Bailey, "Energy Performance of Daylit Schools in North Carolina," 1996
- Nancy Clanton, P.E., School Planning and Management, Lighting the Schools of the Future, December 1999

(s. hierzu: Patricia Plympton, Susan Conway, Kyra Epstein: Daylighting in Schools: Improving Student Performance and Health at a Price Schools Can Afford, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA, Presented at the American Solar Energy Society Conference Madison, Wisconsin, June 16, 2000)

Hintergrund

All diese Untersuchungen waren nur mit relativ kleinen Stichproben durchgeführt worden. Die *Heschong Mahone Group* wollte nun mit einer breit angelegten Untersuchung die festgestellten Wirkungen detaillierter untersuchen.

Beschreibung der Vorgehensweise

Methodik

Eine Untersuchung mit der Fragestellung, ob ein Zusammenhang zwischen Tageslicht und menschlicher Leistung besteht, muss sehr sorgfältig angelegt werden, da das Ergebnis von vielen Faktoren bestimmt wird. Schwierig ist dabei insbesondere das Erfassen und Bewerten von Leistung. So sind z.B. die Leistungsmessungen in Laborstudien häufig umstritten. Schwierig ist aber auch, dass Tageslicht im allgemeinen zusammen mit einer Außenwelt wahrgenommen wird.

Im Vorfeld einer derartigen Studie bedarf es daher insbesondere genauer Überlegungen zur

- Art der ermittelten Leistung (Vergleichbarkeit, Messbarkeit)
- Art und Größe der Stichprobe (Gebäude und Personen)

Methodenbe- schreibung

- der Bereinigung von anderen Einflussgrößen wie z.B. der Sichtverbindung nach draußen und sonstigen Umweltgrößen wie Temperatur, soziale Unterschiede, Einfluss des Lehrers etc.
- der Dauer des Untersuchungszeitraums
aber auch zu
- den statistischen Verfahren zur Auswertung.

Die Heschong-Mahone-Group beschreibt detailliert die vorbereitenden Arbeiten und die Durchführung der Studie in ihrem Bericht. Besonderer Wert wird auf die ausführliche Darstellung der Auswertung der Daten gelegt, wobei auch, unter Angabe der jeweiligen statistischen Verfahren und ihrer Besonderheiten, detailliert auf die Problematik der ständigen Kontrolle und Korrektur der Modellansätze und Variablen eingegangen wird. Um diesen Teil verstehen zu können, bedarf es allerdings schon einer soliden Grundausbildung in Statistik, so z.B. für die multivariate Regressionsanalyse.

Untersuchte Schulen

Zur Auswahl

Die untersuchten Schulen gehören drei Schulverwaltungsbezirken an. In den USA sind die Schulen Verwaltungsbezirken, sog. „Distrikten“, zugeordnet, die ihre schulischen Angelegenheiten zwar innerhalb der gesetzlichen Vorgaben, ansonsten aber unabhängig gestalten können. Innerhalb dieser Distrikte sind sowohl die organisatorischen als auch die gebäudetechnischen Vorgaben ähnlich gehalten, so dass einigermaßen vergleichbare Situationen bestehen. Dies war wichtig für die Untersuchung, da man aufgrund der Komplexität der Fragestellung und der vielen Einflussgrößen eine ausreichend große Stichprobe bei möglichst wenig Parametern benötigte.

Standorte

Die Schulbezirke wurden im Raum Los Angeles (Capistrano), Denver (Fort Collins) und in Seattle (City) ausgesucht, also im Norden und Süden sowie in der Mitte des eher westlichen Teil der USA. Damit wurde den klimatischen Unterschieden im Westen der USA in etwa Rechnung getragen, für die Mitte und den Osten hingegen fanden keine Untersuchungen statt. Die Gebäude unterschieden sich im wesentlichen wie folgt:

*Capistrano Unified
School District*

Im Capistrano District werden einstöckige Grundschulgebäude mit stark unterschiedlicher Fenster- und Oberlichterausstattung genutzt, wobei ein Teil der Gebäude transportabel ist. Die Gebäude sind im allgemeinen klimatisiert. Lichtschutzvorrichtungen sind, soweit vorhanden, im wesentlichen individuell regelbar. Dies gilt sowohl für Fenster als auch für Oberlichter. Es wurden insgesamt zunächst 27, später nur noch 24 Schulen in die Untersuchung einbezogen, neun davon mit Oberlichtern.

*Poudre School
District in Fort
Collins*

Der Distrikt Fort Collins hat viele neu gebaute Schulen, bei denen Tageslicht in die Räume einfällt, allerdings offenbar ohne dieses ausreichend zu beherrschen. Der Tageslichteinfall erfolgt vorwiegend über sogenannte Sägezahn-Lichtbänder. Teilweise sind keine geeigneten Lichtschutzvorrichtungen vorhanden, teilweise sind diese defekt oder es fehlt das Wissen, diese zu bedienen. Klimaanlage wurden nicht genutzt. Insgesamt wurden 21 von ursprünglich 23 vorgesehenen Schulen untersucht.

Seattle City District

Beim Seattle District handelt sich hier um einen primär städtischen Distrikt, in dem sich mehrstöckige Schulgebäude unterschiedlichen Alters befinden. Die Schüleranzahl ist geringer als in Capistrano, der Flächenanteil pro Schüler ist erheblich größer. Aufgrund des Klimas sind anders als in Capistrano viele Aufenthaltsräume vorhanden. Räume mit Fenstern dominieren, nur wenige Räume haben kleine oder gar keine Fenster. Einige Schulen sind „tageslicht-orientiert“ gebaut. Es wurden insgesamt Daten von 57 Schulen ausgewertet, von denen aber nur in vier Schulen Tageslichteinfall von oben erfolgte und dies durch stark unterschiedliche Techniken.

*Erfasste Daten**Übereinstimmung
Daten/Gebäude*

Von den Gebäuden in den drei Distrikten sind zwar weitgehend all technischen Daten vorhanden gewesen, allerdings entsprachen diese nicht immer den Gegebenheiten, sodass nachträgliche Korrekturen erforderlich wurden. Zudem waren technische Einrichtungen teilweise nicht funktionstüchtig. Dies betraf die Klimatisierung ebenso wie die Bedienung von Abschattungsvorrichtungen, das Verstellen bzw. Bekleben von Fenstern oder der zusätzliche

Lichteinfall durch ständig geöffnete Türen in Capistrano.

Untersuchte Populationen

Für die Studie wurden Grundschulen ausgesucht. Die Gründe hierfür waren zum einen die ungefähr gleiche Ausstattung, der Unterricht in vorwiegend ein- und demselben Raum mit ein- und demselben Lehrer und der stark standardisierte Lehrplan, so dass die Anzahl der Parameter möglichst gering gehalten werden konnte. In die Studie wurden die Klassen zwei bis fünf einbezogen.

Leistungsdaten

In amerikanischen Schulen werden in stärkerem Maße als bei uns Leistungsdaten der Schüler systematisch erfasst, verwaltet und ausgewertet. Dies ist schon aus Gründen des in den USA üblichen Rankings erforderlich. Die zugrunde gelegten Bewertungsverfahren sind nicht einheitlich und auch nicht die Zeitpunkte der Bewertungen. So unterscheidet sich z.B. Capistrano von Seattle und Fort Collins dahingehend, dass in Capistrano Bewertungen über das ganze Jahr erfolgen und in Seattle sowie in Fort Collins nur am Ende des Schuljahrs. Aus diesem Grund und auch aufgrund der Tatsache, dass sich alle Daten gut nutzen ließen, war in Capistrano eine detaillierte Untersuchung möglich. So konnte hier auch frühzeitig die multivariate Regressionsanalyse genutzt werden, um geeignete Variablen herauszuarbeiten und Bezugsmodelle aufzustellen.

Da nicht an allen Schulen die gleichen Bewertungsverfahren genutzt wurden, wurden die Bewertungen normiert.

Tatsächlich genutzte Datenbestände

Nicht alle ausgesuchten Schulen und Klassenräume waren für die Studie geeignet. Und auch die Leistungsdaten mussten mehrfach bereinigt werden. So konnten z.B. von ursprünglich knapp 50.000 Leistungsdatensätzen letztendlich „nur“ 21.000 genutzt werden.

In den Schulen in Fort Collins konnte aufgrund der Daten keine Zuordnung der Schüler zu den Klassenräumen erfolgen, so dass eine klassenbezogene Auswertung wie in Seattle und Capistrano nicht möglich war. Die Auswertung erfolgte daher auf Schulebene.

Ingesamt wurden die in der Tabelle angeführten Datenbestände genutzt:

	<i>Leistungsdatensätze</i>	<i>Schulen</i>	<i>Klassenzimmer</i>
<i>Capistrano</i>	8.166	24	389
<i>Seattle</i>	7.491	57	537
<i>Fort Collins</i>	5.687	21	Keine Zuordnung möglich

Es handelt sich somit um eine Untersuchung mit breit angelegtem Datenmaterial.

Dabei weist der Capistrano Distrikt, wie bereits angeführt, den Vorteil auf, dass dort zu Beginn und am Ende des Schuljahres Daten ermittelt werden, d.h. es wird anhand von Tests der Unterschied erfasst. In Seattle und in Fort Collins werden die Daten nur am Ende eines Schuljahres erfasst.

Auswertung

Leistungsmaße- und variablen

Als Leistungsmaße wurden die Leistungen in Lesen und Mathematik herangezogen.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit einer bewährten statistischen Methode, der sogenannten multivariaten linearen Regressionsanalyse. Dabei werden anhand von mathematischen Modellen Einflüsse einer Variablen isoliert, bei gleichzeitiger Kontrolle der anderen Variablen. Hilfreich waren hier die Capistrano-Daten.

Modelle

Nach ersten Auswertungen wurden dabei die in der Tabelle angeführten vier Modelle festgelegt.

Modell	<i>Abhängige Variable</i>	<i>Laufende Variablen</i>
<i>M1: Lesen Tageslicht</i>	Bewertung Lesen	Tageslichtvariable
<i>M2: Lesen Oberlicht</i>	Bewertung Lesen	Fensterlicht- und Oberlichtvariable
<i>M3: Mathematik Tageslicht</i>	Bewertung Mathematik	Tageslichtvariable
<i>M4: Mathematik Oberlicht</i>	Bewertung Mathematik	Fensterlicht- und Oberlichtvariable

<i>Variable</i>	Mögliche Einflussgrößen sind z.B. ethnische und soziale Zugehörigkeiten, Raumgrößen, Fenstergrößen, Oberlichtausführung, raumlufttechnische Anlagen, bedienbare Fenster, Schulgröße, Begabtenförderung, Geschlecht, Klassenstufe und viele andere mehr.
<i>Metrik: Tageslicht, Fenster, Oberlicht</i>	Um die Wirkung des Tageslicht in einem System quantifizieren und zuordnen zu können, wurde eine „Metrik“ mit den Maßen Tageslichtcode, Fenstercode und Oberlichtcode entwickelt, jeweils auf einer fünfstufigen Skale.
<i>Tageslichtcode</i>	Der Tageslichtcode gibt auf einer Skale von 0 bis 5 an, wie weit der Raum mit Tageslicht versorgt werden kann. Hierbei bedeutet der Code 5, dass der Raum nahezu über das ganze Schuljahr ausreichend mit Tageslicht beleuchtet werden kann und der Code 0, dass der Raum weder Fenster noch Oberlichter hat, dazwischen liegen entsprechende Abstufungen.
<i>Fenstercode</i>	Bei der Fensterkategorisierung bedeutet der Code 5, dass der Raum durch die Fenster gleichmäßig mit etwa 500 lx beleuchtet wird und der Code 4, dass der Raum eine noch annehmbare Gleichmäßigkeit aufweist bei einer Beleuchtungsstärke von etwa 300 lx. Räume mit Fenstern dieser Art fanden sich z.B. in Capistrano und in Seattle, nicht aber in Fort Collins. Der Code 0 bedeutet, dass keine Fenster vorhanden sind, der Code 1, dass nur sehr begrenzt Fensteröffnungen Tageslicht durchlassen.
<i>Oberlichtcode</i>	Eine entsprechende Kategorisierung war zunächst auch für den Einfluss von Oberlichtern vorgesehen. Nach einer ersten Analyse musste man davon Abstand nehmen, da die Wirkung des Tageslicht nicht über die erzielbare Beleuchtungsstärke im Raum zum Tragen kam, sondern über die günstige Lage im Raum und die geeignete Ausführung sowie über die mögliche Einflussnahme der Abschattungsmöglichkeiten. Waren diese Kriterien nicht erfüllt, wurde das Oberlicht als Störung empfunden und von den Lehrern ggf. Maßnahmen zur Abschattung getroffen. Die Kategorisierung erfolgt nunmehr nach diesen Kriterien. Es wurden insgesamt vier Typen (A-D) mit einem Untertyp AA festgelegt. Dabei wurde dann nicht mehr das Oberlicht an sich betrachtet, sondern die Oberlichtlösung mit dem gesamten Einbau und seiner Lage im Raum.

Ergebnisse

Die statistische Auswertung zeigt ein deutliches Ergebnis. Demnach sind für die schulische Leistung verschiedene signifikante Einflussgrößen maßgeblich, wozu immer die Tageslichtgrößen gehören. Aufgrund der Berücksichtigung der Oberlichter ist deutlich erkennbar, dass eine positive Wirkung allein vom Tageslichts besteht, unabhängig von den Einflüssen der Fenster. Die Wirkungen sind in den verschiedenen Distrikten allerdings unterschiedlich stark ausgeprägt. In Seattle wird eine besonders hohe Wirkung festgestellt, in Fort Collins eine mittlere, in Capistrano die geringste.

Zusammenfassende Darstellung

Die Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In allen drei Distrikten wurden durchweg positive und statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Vorhandensein von Tageslicht in den Klassenräumen und besseren schulischen Testergebnissen festgestellt.
- Die positive Wirkung des Tageslichts war von allen anderen Fenstermerkmalen unterscheidbar.

Zudem lässt sich sozusagen als Nebeneffekt erkennen,

- dass große bestehende Datenmengen nützlich für Untersuchungen über Auswirkungen der Umwelt auf menschliche Leistung sein können.

Grenzen des Verfahrens

Es zeigen sich aber auch die Grenzen des angewendeten Verfahrens. Man kann lediglich den Grad von möglichen Wirkungen feststellen und die Wahrscheinlichkeit von Abhängigkeiten zwischen Variablen, nicht aber die Ursachen hierfür.

Mögliche Ursachen für die positive Wirkung

Mögliche Erklärungen

Die Ursachen für die festgestellte positive Wirkung können zwar nicht abgeleitet werden, aufgrund von Erfahrungen aus der Praxis können aber Vermutungen angestellt werden. Mögliche Ursachen können z.B. sein:

- Verbesserung der Lesbarkeit aufgrund höherer Beleuchtungsstärken

- Verbesserung der Lesbarkeit aufgrund besserer Lichtqualität
- Stärkung der Gesundheit
- Gegenwirkung bei bestehendem Tageslichtentzug
- Steigerung der Stimmung
- Erhöhung der Aufmerksamkeit
- Positiveres Verhalten

*Bessere Lesbarkeit
aufgrund höherer
Beleuchtungsstärken*

Die Messungen in den Klassenräumen mit Oberlichtern haben immer wesentlich höhere Beleuchtungsstärken als in den anderen Räumen ergeben. Zu Spitzenzeiten liegen die Werte zwei bis dreimal höher als in Räumen mit künstlicher Beleuchtung. Bei Tageslichteinfall durch Fenster werden diese Wert zwar nicht erreicht und sie sind auch ungleichmäßiger, aber sie tragen immer noch zu weitaus höheren Beleuchtungsstärkewerten bei, als in Räumen ohne Tageslicht zu finden ist.

*Bessere Lesbarkeit
aufgrund besserer
Lichtqualität*

In der Studie wurde die Hypothese aufgestellt, dass, abhängig von der Höhe der Beleuchtungsstärke, Tageslicht eine bessere Lichtqualität aufweisen würde als künstliche Beleuchtung. Dabei werden häufig folgende Merkmale als positiv angeführt:

- Günstigere Verteilung des Lichts im Raum
- Bessere Farbwiedergabe
- Keine Flimmerempfindung - „Flimmerfreiheit“
- Besondere Lichteffekte auf Objekten

Ähnliche Aussagen finden sich auch in anderen Studien (s. z.B. „Licht und Gesundheit - Eine Untersuchung zum Stand der Beleuchtungstechnik in deutschen Büros“, ERGONOMIC, 1998, 3. Auflage, Berlin)

*Günstigere
Verteilung
des Lichts im Raum*

Im Zusammenhang mit der günstigeren Verteilung des Lichts im Raum sind besonders günstigere vertikale bzw. zylindrische Beleuchtungsstärkeverteilungen zu nennen, die wesentlich zur Helligkeitsempfindung beitragen und zum besseren Erkennen dreidimensionaler Objekte. (Anm.: Dieser Erkenntnis wird heute auch bei der Planung künstlicher Beleuchtung Rechnung getragen.)

*Bessere
Farbwiedergabe*

Farben wirken bei Tageslicht lebhafter und entsprechend dem kontinuierlichem Spektrum des Tageslichts natürlicher als bei

künstlicher Beleuchtung. Heute werden zwar Leuchtstofflampen mit einem kontinuierlichen, dem Tageslicht nachempfundenen Spektrum angeboten, dies wird aber von vielen anders als das Tageslicht als „unnatürlich“ und „kalt“ empfunden. Offenbar werden unterschiedliche Maßstäbe angelegt.

Flimmerfreiheit

Flimmerempfindungen waren bis vor einigen Jahren ein Hauptübel bei Leuchtstofflampen. Heute können diese durch den Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) vermieden werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass Leistungssteigerungen bei Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten erzielt werden. (Anm.: Leider kommen EVGs aus einseitig Kostengründen oft nicht zum Einsatz.)

Lichteffekte auf Objekten

Tageslicht ruft besondere, sich ändernde Lichteffekte auf Objekten hervor, die zur Wahrnehmung und Einprägung beitragen. In einer Lernumgebung können sie möglicherweise damit zum besseren Lernen beitragen.

Stärkung der Gesundheit

Tageslicht kann möglicherweise aufgrund besserer Gesundheit zu einer Leistungssteigerung führen. Heute weiß man bereits Einiges über die vielfältigen Zusammenhänge von Tageslicht und Hormonen. In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die Produktion von Vitamin D und auf die Unterdrückung der Melatoninausschüttung hingewiesen.

Verstärkte Wirkung bei Tageslichtentzug

Die verstärkte Wirkung von Tageslicht in den Schuldistrikten Seattle und Fort Collins lässt sich möglicherweise aus einer klimatisch bedingten geringeren Tageslichtversorgung erklären. Hier wirkt sich ein Mehr an Tageslicht offenbar stärker aus als in Gegenden, in denen die Schüler aus klimatischen Gründen ohnehin eine höhere Tageslichtdosis haben.

Steigerung der Stimmung

Im allgemeinen wird Tageslicht subjektiv als stimmungssteigernd empfunden. Im Fall der Schulen kann die Leistungssteigerung bei den Schülern unmittelbar durch die eigene positive Stimmung oder mittelbar durch die positiv beeinflusste Stimmung der Lehrer erklärt werden. (Anm.: Hinzu kommt bei Fenstern die positive Wirkung der Sichtverbindung nach draußen.)

Erhöhung der Aufmerksamkeit

Höhere Beleuchtungsstärkewerte führen im Allgemeinen zu erhöhter Aufmerksamkeit. Dies könnte allerdings auch durch künstliche Beleuchtung erzielt werden. Es wird vermutet,

dass nicht nur die Höhe der Beleuchtungsstärken diesbezüglich Wirkung zeigen, sondern auch die Veränderlichkeit in der spektralen Zusammensetzung des Lichts und in der Stärke. Neue Studien unterstützen diese Vermutung.

*Positiveres
Verhalten*

Es wird oft geäußert, dass Tageslicht das eigene Verhalten positiv beeinflusst. Dieses subjektiv Empfinden wird gestützt durch die Ergebnisse der bereits in anderem Zusammenhang angeführten Studie in Schweden, die u.a. zeigt, dass Schüler, die in den Klassenräumen Tageslicht oder einer tagslichtähnlichen Beleuchtung ausgesetzt sind, eher saisonal typische Verhaltensmuster aufweisen als Schüler mit warmweißer künstlicher Beleuchtung.

Fazit

Die Studie zeigt, dass ein signifikanter Einfluss des Tageslichts auf die menschliche Leistung besteht. Allerdings können im Rahmen der Untersuchungen die möglichen Ursachen hierfür nicht abgeleitet werden. Hierzu bedarf es weiterer Forschung. Die Ergebnisse dieser breit angelegten Studie bestätigen damit eine Reihe weiterer Untersuchungen, die bereits früher durchgeführt wurden.