Eine Fallstudie zu offenen Lernlandschaften - Raumakustische Parameter und Erfahrung aus 10 Jahren Nutzung

Holger Brokmann[1]

[1] *Ecophon Deutschland, 23556 Lübeck, E-Mail:holger.brokmann@ecophon.de*

Einleitung

Das Oberstufengebäude der Beruflichen Schulen Witzenhausen wurde im Rahmen einer Kernsanierung von einer klassischen Schulstruktur mit mittlerem Flur und abgehenden Klassenzimmern in offene Lernbereiche umgebaut und im August 2011 eingeweiht. Im Folgenden sollen die Konzeption, die Umsetzung sowie die Ergebnisse raumakustischer Messungen diskutiert werden.

Konzeption der Lernlandschaften

Das Kollegium der Beruflichen Schulen des Werra-Meißner-Kreises in Witzenhausen hat bereits vor dem Bau der Lernlandschaften die Eckpunkte des offenen Raumkonzeptes in ihrem Schulprogramm (Stand Dezember 2010) beschrieben:

„Wir brauchen Lernumgebungen, die flexible Formen des individuellen und sozialen Lernens unterstützen. Ein flexibler Wechsel der Lernformen muss möglichst geräuscharm und ohne großen Aufwand jederzeit möglich sein. Wir haben daher im Plenum mit großer Mehrheit und abschließend auf Antrag der Schulleitung im Schulvorstand einstimmig beschlossen, dass zukünftige Bau- und Umbaumaßnahmen unserer Schule Formen des selbstgesteuerten Lernens unterstützen werden. […] Die bisher üblichen rechteckigen, geschlossenen Klassenzimmer mit Tafel und Kartenständer vorne werden durch flexible, mannigfaltig nutzbare Lern- und Arbeitszonen ersetzt, die unserem Verständnis von Flexibilität und Transparenz genügen: Flexibilität um alle bekannten und auch zukünftig zu entwickelnden Lern- und Lehrformen zu ermöglichen, Transparenz um bei aller Flexibilität die Übersicht über alle Aktivitäten zu behalten und die Arbeit der Lehrkräfteteams zu fördern. […] Die Wiederherstellung eines traditionellen Zustandes des jetzt zu sanierenden Gebäudes ist für uns nicht erstrebenswert.“ [1]

Architektonische Umsetzung

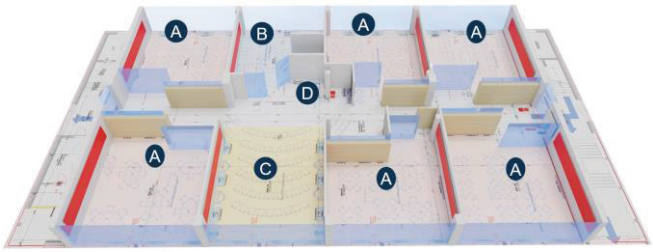

Abbildung 1: 3D Modell mit Raumaufteilung der Lernlandschaft (Erdgeschoß) auf Grundlage des Grundrisses. A) Lernräume (68,66-81,26m²); B) Lehrer: innenstützpunkt (59,74m²); C) Offener Lernbereich (81,14m²); D) Erschließung und Nebenflächen (161,59m²).

Die Lernlandschaften mit einer Gesamtfläche von ca. 755m² pro Etage sind in verschiedene Bereiche unterteilt, die nicht durch Türen voneinander getrennt sind. Als akustische Hauptmaßnahme wurden vollflächig höchstabsorbierende Akustikdecken eingesetzt. Raumtrennende Möbel wurden mit aufgesetzten Glaselementen versehen, die im Deckenhohlraum über eine Leichtbaukonstruktion mit der Rohdecke verbunden wurden. Großflächige Glaswände wurden ebenfalls mit der Rohdecke (im Deckenhohlraum) verbunden.

Abbildung 2: Innenansicht der Lernlandschaften mit Blick auf eine Möbelwand mit aufgesetzten Glaselement, sowie einer Glaswand.

Abbildung 3: Innenansicht der Lernräume mit roten Wandabsorbern in Kombination mit einem Schienen-Tafelsystem.

Die Anordnung der Möbel- und Glaswände wurde so gewählt, dass keine direkten Schallwege zwischen den Lernbereichen (A) entstehen (siehe Abbildung 1 und 2). Die Unterrichts-Tafeln sind variabel an den Wänden angeordnet. Diese verlaufen in den Lernräumen auf großflächig angeordneten höchstabsorbierenden Wandabsorbern, welche in die

Trockenbauwände integriert wurden. In allen Lernräumen ist die Außenwand ein großflächiges Fensterelement.

Raumakustische Messungen

Im Rahmen eines Projektes zur Untersuchung der Raumakustik in offenen Lernumgebungen wurden am 17. Januar 2017 Messungen (basierend auf den zu diesem Zeitpunkt gültigen Normen [2], [3], [4]) durchgeführt [5], [6].

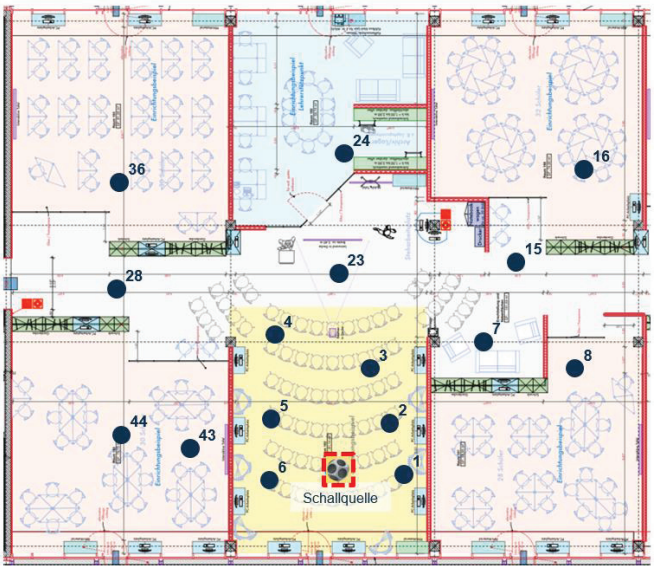

Abbildung 4: Grundrissausschnitt der Lernlandschaft mit eingezeichneter Schallquellenposition sowie verschiedener Messpunkte.

Tabelle 1: Messergebnisse des STI, Sprachschallpegels und Hintergrundgeräusches an verschiedenen Messpunkten

Position	STI	Sprachschallpegel $L_{p,A,S,n}$ [dB]	Hintergrundgeräuschpegel $L_{p,A,B}$ [dB]
1	0,83	53,8	23,1
2	0,83	53,9	
3	0,79	51,0	
4	0,75	50,3	
5	0,82	53,4	
6	0,86	54,8	
7	0,47	38,4	30,1
8	< 0,10	23,3	42,0
15	0,45	38,3	30,1
16	0,15	29,1	38,6
23	0,70	45,8	30,1
24	0,53	36,5	29,3
28	0,54	41,8	30,1
36	0,13	25,2	30,7
43	0,20	29,3	32,2
44	0,20	28,3	

Die Ergebnisse weisen in Nähe der omnidirektionalen Schallquelle (Messpositionen 1, 2, 3, 4, 5, 6) eine hohe Sprachverständlichkeit (Sprachverständlichkeitsindex STI ≥ 0,75) [3] aus. Ausgehend von der Schallquellenposition beträgt in den angrenzenden Lernbereichen (Messposition 8, 16, 43, 44, 36) der STI < 0,10 – 0,20 was einer Unverständlichkeit von sprachlichen Inhalten gleichzusetzen ist.

Die in den Messungen merklich variierenden Hintergrundgeräuschpegel in den einzelnen Lernbereichen sind auf die Geräusche der Belüftungsanlage bzw. deren automatischer Regelung zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Messungen waren alle Bereiche unbesetzt.

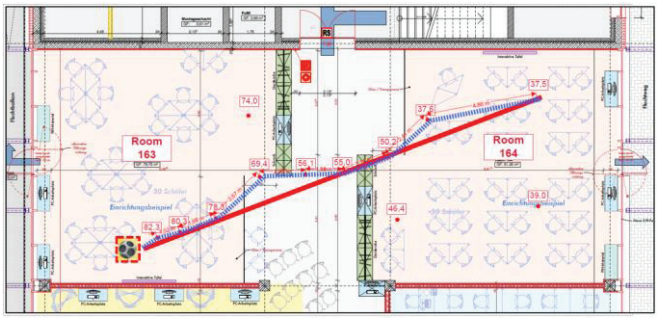

Abbildung 5: Grundrissausschnitt mit eingezeichneter Schallquellenposition (Referenzschallquelle) sowie verschiedener Messpunkte.

Zur Untersuchung der Schallausbreitung zwischen zwei Lernbereichen (Raum 163 und 164) wurde eine Referenzschallquelle (Norsonic Nor278) verwendet. Der durchschnittliche Schallpegel in 1m Entfernung im Raum 163 betrugt 82,3dB(A) (siehe Abbildung 5).

Tabelle 2: Messergebnisse Schallausbreitung zwischen Raum 163 und 164 unter Verwendung einer Referenzschallquelle

Position	Schallpegel dB(A)	Entfernung zur Referenzschallquelle (m)
1	82,3	1,00
2	80,3	2,02
3	78,3	3,70
4	69,4	6,37
5	56,1	8,37
6	55	9,95
7	50,2	12,09
8	37,6	14,50
9	37,5	19,36

Die Messergebnisse zeigen, dass die Pegelminderung durch die Anordnung der raumhohen Möbel- und Glaswand und daraus resultierenden verschachtelte Wegführung deutlich erhöht wird. Dieser Effekt ist vor allem im Vergleich der letzten Messposition 4 (innerhalb des Raumes 163) und der

Messposition 5 (im Flurbereich) sowie der letzten Messposition 7 (im Flurbereich) und 8 (im Raum 164) zu beobachten. Hier liegt die Schallpegelabnahme jeweils bei >12 dB(A).

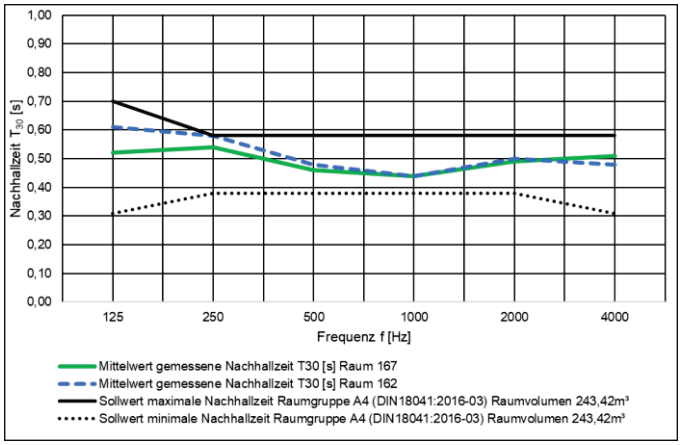

Abbildung 6: Messergebnisse der Nachhallzeiten T30 für die Raumbereiche 167 und 162.

Die Ergebnisse der Nachhallzeiten zeigen sowohl im Lernraum (Raum 162) sowie im größeren offenen Lernbereich (Raum 167) Ergebnisse, die im Mittel zwischen 0,49 und 0,52 Sekunden liegen. Im Vergleich zu den aktuellen Anforderungen der DIN18041:2016-03 (unter Berücksichtigung eines Raumvolumens von 243,42m³ für Raum 162) liegt das Ergebnis im unbesetzten, möblierten Zustand im Toleranzbereich für Raumgruppe A4 (Unterricht/Kommunikation inklusiv) [7].

Tabelle 3: Messergebnisse der Nachallzeit T30

Raum	Nachhallzeit (T30) [s]						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Mittelwert[1]
Raum 167	0,52	0,54	0,46	0,44	0,49	0,51	0,49
Raum 162	0,61	0,58	0,48	0,44	0,5	0,48	0,52

[1] Der arithmetische Mittelwert der Nachhallzeit in den Oktavbändern 125-4000 Hz

Die im Jahr 2021 veröffentlichte ISO22955:2021-05 Acoustics – Acoustic quality of open office spaces beschreibt potentielle Zielwerte für die Absenkung des In-Situ Sprachschallpegels $D_{A,S}$ in Abhängigkeit von stattfindenden Aktivitäten. Der hierbei höchste Wert zwischen Bereichen mit fokussiertem individuellem Arbeiten und Aufenthaltsbereichen (Raumtyp 6, Tabelle 6 [8]) sollte > 32 dB betragen. Dieser Wert wurde mit den Messwerten der Beruflichen Schulen Witzenhausen verglichen.

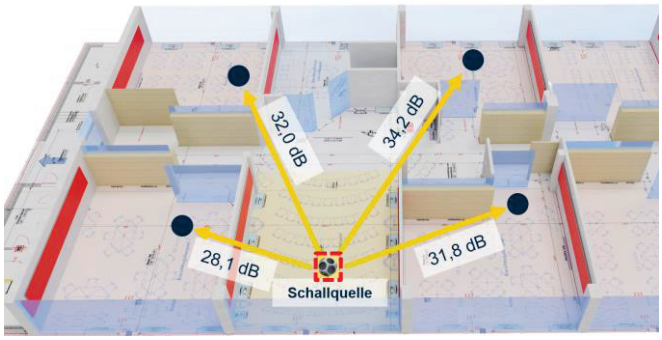

Abbildung 6: Ergebnisse des $D_{A,S}$ ausgehend von der Schallquellenposition im offenen Lernbereich zu den angrenzenden Lernräumen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die potentiellen Zielwerte (in diesem konstruierten Setting der Lernlandschaft als Bürobereich) in zwei Fällen erreicht, in einem sehr knapp und einem merklich verfehlt werden.

Erfahrungen aus > 10 Jahren Nutzung

Im Rahmen eines Telefoninterviews wurden von der stellvertretenden Schulleiterin die Erfahrungen aus mehr als 10 Jahren Nutzung geschildert. Genannt wurden:

- Eine grundsätzlich hohe Zufriedenheit mit der akustischen Qualität der Lernlandschaften (auch im Vergleich zu anderen Gebäudeteilen).
- Die Eignung für die im Schulprogramm definierten Punkte zur flexiblen Nutzung.
- Die Bedeutung von Absprachen während der unterschiedlichen Nutzungen der Lernräume bei lärmintensiven Lernaktivitäten.
- Eine nicht vollständige Ausschöpfung der flexiblen Nutzungsmöglichkeiten im Laufe der Nutzungszeit im Vergleich zur ursprünglichen Idee und Konzeption. Bei wechselndem Kollegium sollte die Bespielbarkeit der Flächen kontinuierlich intern geschult werden.
- Das System mit flexiblen (schallreflektierenden) Tafeln vor Wandabsorbern kann teilweise zu ungünstigen bzw. störenden Schallwegen (Reflexionen) führen.

Fazit und Diskussion

Durch raumakustische Messungen sollten die offenen Lernlandschaft der Beruflichen Schulen hinsichtlich Schallausbreitung, Sprachverständlich und Nachhallzeiten untersucht werden. Darüber hinaus sollten die Hintergründe der architektonischen Entscheidungen auf Grundlage des Schulprogramms beschrieben und Erfahrungen aus über 10 Jahren Nutzung dokumentiert werden.

Die akustischen Messungen zeigen, dass die architektonischen Entscheidungen in der Umsetzung des pädagogischen Konzeptes zu Ergebnissen führen, die den Anforderungen der Nachhallzeiten der aktuellen DIN18041:2016-03 für die Nutzung als Unterrichtsräume (Raumgruppe A4) entsprechen.

Die Messung der Sprachverständlichkeit zeigt sehr gute Ergebnisse im Nahbereich und den gewünschten Effekt, dass sie in den angrenzenden Lernbereichen deutlich absinkt, so dass Sprachinhalte nicht mehr verständlich sind.

Die Anordnung der raumhohen Möbel- und Glasflächen in den Lernräumen erweist sich in den Messwerten als effektives Mittel zur deutlichen Reduzierung der Schallpegel-ausbreitung unter den einzelnen Lernbereichen.

Die geäußerten Erfahrungen in der praktischen Nutzung spiegeln eine hohe Nutzerzufriedenheit mit der akustischen Qualität wider, die auf dem pädagogischen Konzept und seinen Zielen basiert.

Weitere systematische Befragungen der Nutzer:innen wären eine sinnvolle Ergänzung um die Nutzerzufriedenheit zu evaluieren. Ebenso ein Vergleich der akustischen Daten mit anderen offenen Lernräumen. Die Einordnung der Ergebnisse in internationalen Standards und Richtlinien für offene Lernbereiche sollte in weiterführenden Studien genauer untersucht werden. Auch der angesprochene Vergleich der Messdaten mit Zielwerten für offene Bürobereiche kann weitere Erkenntnisse zur akustischen Ausstattung und Auswirkungen auf die Nutzerzufriedenheit liefern.

Literatur

[1] Internetseite der Beruflichen Schulen des Werra-Meißner-Kreises in Witzenhausen. Schulprogramm Stand Dezember 2010, URL: `http://www.bs-witzenhausen.de/cms/Schulentwicklung/Schulprogramm/` [Abruf 04.02.2012]

[2] ISO 3382-3:2012, Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 3: Open plan offices

[3] ISO 3382-2:2008, Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: reverberation time in ordinary rooms.

[4] IEC 60268-16 Sound System equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.

[5] Jeroen Vugts et al. (2017); Effective open learning landscapes and well-being of teachers and students. ICBEN2017 18-22 June, Zurich

[6] Internetseite AcousticBulletin; `https://www.acousticbulletin.com/how-open-should-a-learning-space-be-acoustically/` [Abruf 30.03.2023]

[7] DIN 18041:2016-03, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung

[8] ISO 22955:2021-05, Acoustics – Acoustic quality of open office spaces