

Untersuchungen zur Entwicklung eines Hörsaalsitzes

Günter Wotzka, Etienne Grandjean, Ulrich Burandt, Horst Kretschmar, Thea Leonhard

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
(Direktor: Prof. Dr. med. E. Grandjean)

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Entwicklung eines Hörsaalsitzes, der bei größtmöglicher Vermeidung von Unbequemlichkeiten den spezifischen Funktionen gerecht wird. Zu diesem Zweck wurde zuerst während der Vorlesungen das Sitzverhalten mit Multimomentaufnahmen analysiert. Hernach wurde auf Grund der Ergebnisse von Sitzversuchen mit Studenten ein Hörsaalsitz stufenweise verbessert. Das Schlussergebnis ist ein empfohlener neuer Hörsaalsitz, der sowohl beim Anlehnen an die Rückenlehne als auch bei vorgeneigtem Sitzen ein Minimum an Unbequemlichkeit hervorruft.

1. Fragestellung und allgemeiner Versuchsplan

Im Hinblick auf die heutige Zunahme des Bedarfes an neuen Hörsälen in Hochschulen schien es uns sinnvoll zu sein, die Frage eines zweckmäßigen Hörsaalsitzes für Studenten neu zu überprüfen.

Die auf dem Markte angebotenen Hörsaalsitze sind empirisch entwickelt worden, wobei ökonomische, konstruktive, formale und anthropometrische Gesichtspunkte begleitend waren. Eine Reihe von Autoren haben außerdem orthopädisch begründete Sitzformen gefordert, die vor allem die Bekämpfung ungünstiger Sitzhaltungen in der Schule bezwecken. Von diesen seien hier erwähnt: *Akerblom* [1], *Schoberth* [2], *Schneider* [3], *Keegan* [4] und *Oxford* [5, 6]. Die Empfehlungen dieser Autoren beruhen auf theoretischen Überlegungen; trotzdem zeigen die von ihnen abgeleiteten Sitzprofile zum Teil erhebliche Differenzen.

Für die Entwicklung eines Hörsaalsitzes gingen wir von folgenden Überlegungen aus: Ein orthopädisch richtiger Sitz hat den Zweck, unnatürliche Haltungen zu vermeiden. Unnatürliche Haltungen sind begleitet von Schmerzen und Ermüdungserscheinungen und werden als un bequem empfunden. Daraus zogen wir den Schluß, daß ein Sitzprofil erstrebenswert ist, das möglichst wenig Personen möglichst wenig Unbequem-

lichkeit und Schmerzen bereitet. Wir dürfen ferner annehmen, daß ein solches Sitzprofil auch eine günstige Voraussetzung für die Erhaltung der Leistungsbereitschaft ist.

Diese Überlegungen führten zum Konzept der vorliegenden Untersuchungen: Ausgehend von orthopädisch empfohlenen Sitzprofilen haben wir auf Grund der Angaben von Versuchspersonen einen Hörsaalsitz systematisch entwickelt. Außer orthopädischen Empfehlungen berücksichtigten wir dabei auch die Funktionen des Hörsaalsitzes. Die ganze Untersuchung umfaßte folgende vier Stufen:

1. Stufe: Verhaltensstudie von Studenten in bestehenden Hörsälen.
2. Stufe: Untersuchung verschiedener Sitzprofile und Entwicklung eines zweckgeeigneten Hörsaalsitzes, mit Versuchspersonen.
3. Stufe: Vergleichende Überprüfung des entwickelten Hörsaalsitzes in standardisierten Sitzversuchen.
4. Stufe: Vergleichende Überprüfung des entwickelten Hörsaalsitzes unter Vorlesungsbedingungen.

2. Erste Stufe: Verhaltensstudie von Studenten in bestehenden Hörsälen.

2.1 Methode

In vier Hörsälen analysierten wir mit einer Multimomentaufnahme das Sitzverhalten der Studenten während der Vorlesungen und führten mit Hilfe von Fragebogen eine Erhebung über die subjektiven Empfindungen und Urteile der Studenten beim Sitzen in den bestehenden Hörsälen durch. Die Multimomentaufnahme umfaßte insgesamt 2798 Beobachtungen, und die Fragebogen wurden von 546 Studenten und Studentinnen ausgefüllt. Im Durchschnitt machte der Anteil der Studenten 92 % der beobachteten Personen aus.

In Abb. 1 sind die vier Hörsaalsitze als Skizzen dargestellt.

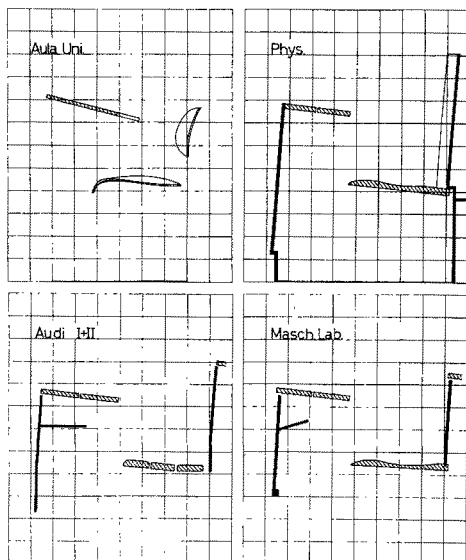


Abb. 1 Die Sitze der vier Hörsäle.
Ein Rasterfeld hat die Seitenlänge 10×10 cm.

2.2 Ergebnisse

In Tab. 1 sind die wichtigsten Ergebnisse der Multimomentaufnahmen zusammengestellt, wobei wir auf die Resultate des Hörsaals «Masch.-Lab.» verzichtet haben, da hier die Zahl der Beobachtungen zu klein war.

Aus den Resultaten möchten wir folgende Feststellungen hervorheben:

1. Die Studenten schreiben in mehr als der Hälfte der Zeit.
2. Die Studenten stützen die Unterarme auf der Schreibfläche während eines sehr großen Teils der Vorlesung.
3. In zwei Dritteln der Zeit wird ein aufrechtes Sitzen beobachtet.
4. Die Häufigkeit des Anlehns an die Rückenlehne kommt im Hörsaal «Aula» häufiger vor als in den andern Hörsälen.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Wichtigkeit der Gestaltung der Schreibfläche und der Rückenlehne.

Merkmal	Anteil der Vorlesungszeit		
	Aula %	Physik %	Audi I+II %
hört zu	22	33	28
schreibt	65	54	61
liest	5	3	1
spricht	3	5	5
ist abgelenkt	5	5	6
schläft	2	0	1
sitzt vorgeneigt	18	22	30
sitzt aufrecht	63	67	60
sitzt zurückgelehnt	18	11	11
lehnt an Rückenlehne	41	27	28
lehnt nicht an Rückenlehne	58	73	73
stützt sich auf den Tisch rechts	93	86	83
stützt sich auf den Tisch links	87	75	84

Tab. 1 Ergebnisse der Multimomentaufnahmen.
Zahl der Beobachtungen: Aula = 861, Physik = 963,
Audi I + II = 974.

Die Ergebnisse der 546 Fragebogen sind in Tab. 2 zusammengestellt. Daraus lassen sich folgende Resultate besonders hervorheben:

1. Beim Aulasitz wird die Rückenlehne signifikant häufiger benutzt und auch signifikant häufiger als bequem beurteilt. Wir vermuten, daß der nahe liegende Tisch und die Form der Rückenlehne dafür verantwortlich sind.
2. Der gleiche Aulasitz wird dagegen bei vorgeneigtem Sitzen am schlechtesten beurteilt.
3. Schmerzhaftes Beschwerden werden bei allen Typen häufig angegeben, wobei der Rücken an erster Stelle figuriert. Daraus ergibt sich, daß der Gestaltung der Rückenlehne besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß.
4. Unterschenkelbeschwerden werden im Hörsaal «Physik» signifikant häufiger angegeben als in der Aula. Wir nehmen an, daß der beschränkte Bewegungsraum für die Füße die Ursache ist; 32 cm zwischen Sitzvorderkante und vorderer Begrenzung des Fußraumes sind offenbar ungenügend. Dies

Frage	Antworten	Aula Uni	Audi I+II	Physik	Masch.-Lab.
		n = 195 %	n = 168 %	n = 131 %	n = 52 %
Wie empfinden Sie den Sitzplatz, wenn Sie sich hinten anlehnen?	bequem	30	11	16	12
	mittel	61	55	66	53
	unbequem	9	34	18	35
Wie empfinden Sie den Sitzplatz bei vorgeneigtem Sitzen?	bequem	15	28	26	33
	mittel	52	50	56	47
	unbequem	33	22	18	20
Haben Sie während der Vorlesung schmerzhaft Beschwerden verspürt? Wenn ja, wo?	ja	46	55	55	65
	im Rücken	35	37	31	35
	am Gesäß	16	24	24	29
	Oberschenkel	9	8	10	15
	Unterschenkel	3	4	14	12
Benutzen Sie die Rückenlehne?	immer	10	12	6	12
	häufig	5	10	2	8
	selten	43	6	11	17
Ist die Höhe der Schreibplatte	gut	45	64	63	61
	zu hoch	12	30	26	22
	zu niedrig	73	92	69	81
Ist die Schreibplattengröße	gut	6	3	6	3
	zu groß	21	5	25	16
	zu klein	11	27	23	33
Ist der Raum für die Beine	gut	0	0	0	0
	zu wenig	89	73	77	67
Ist der Raum für die Beine	gut	57	47	24	43
	zu wenig	43	53	76	57

Tab. 2 Urteile der Studenten über die Sitze in 4 Hörsälen.

Die Zahlen sind Prozentwerte, bezogen auf die Zahl der je Hörsaal ausgefüllten Fragebogen. Die horizontalen Linien geben Wertepaare an, die mit $p < 0,05$ signifikant voneinander abweichen (Chi²).

geht auch aus der Antwort auf die direkte Frage nach dem Raum für die Beine hervor. 5. Die Beurteilungen der Höhe der Schreibplatte fallen im Audi I+II am besten aus. Ein definitiver Schluß kann daraus nicht gezogen werden, da das Urteil nicht nur von der Höhe selbst, sondern auch von der Sitztiefe abhängig ist.

6. Die Schreibplattenflächen werden in allen Hörsälen von der Mehrheit als zu klein beurteilt. (Die Maße schwankten zwischen 30×57 cm und 30×60 cm.) Daraus ergibt sich, daß in Zukunft grundsätzlich größere Schreibplatten vorzusehen sind.

7. Der Raum für die Beine ist von der Mehrheit als ungenügend bezeichnet worden. In

Hörsaal	Sitz- vorderkante – vordere Begrenzung cm	Gesamte Tiefe des Hörsaalsitzes (Rücken – Fuß) cm	«zu wenig Raum für die Beine» %
Aula Uni	nicht fest begrenzt	nicht fest begrenzt	43
Audi I + II	49,5	87,5	53
Masch.-Lab.	39	81	57
Physik	32	76	76

Tab. 3 Die Antwort «zu wenig Raum für die Beine» und die zugehörigen Hörsaalsitzdimensionen.

Tab. 3 sind die Antworten den Sitzdimensionen gegenübergestellt. Diese Erhebung zeigt, daß in Zukunft nach Möglichkeit ein größerer Bewegungsraum für die Beine anzustreben ist.

8. Eine Sitztiefe von 38 cm wird beim Audi I+II-Sitz häufig als ungenügend beurteilt. Die anderen Sitze mit 42 bis 44 cm Tiefe werden signifikant besser beurteilt.

3. Zweite Stufe: Untersuchung verschiedener Sitzprofile und Entwicklung eines Hörsaalsitzes, mit Versuchspersonen.

3.1 Die Sitze

Wir fertigten fünf Sitze an, die in der Zuordnung von Sitzfläche und Rückenlehne verstellbar waren. Die Gestelle waren aus Holz und die beiden verstellbaren Profilteile (Sitzfläche und Rückenlehne) aus Styropor, das mit Sackleinen und Filterpapier überzogen und lackiert wurde. Abb. 2 zeigt die fünf Versuchssitze.

Vor den Sitzen wurde jeweils ein kleiner Schreibtisch aufgestellt, dessen Schreibfläche in Höhe und Neigung verstellbar war. Die Schreibfläche hatte die Abmessung 40 × 80 cm.

Die fünf Sitzprofile sind aus den Abbildungen 3a und 3b ersichtlich:

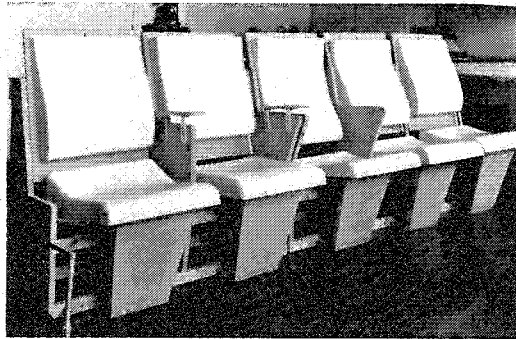


Abb. 2 Die fünf Versuchssitze der 2. Stufe.

Von links nach rechts: Profil mit Sitzkeil; Profil nach Keegan; Profil «Hy 300»; Profil «Hy 200»; Profil «Hy 100».

Das erste Profil «Sitzkeil» lehnt sich an die Forderungen von *Schneider* [3], der mit dem Sitzkeil eine Lordosierung der Lendenwirbelsäule erreichen wollte.

Das zweite Profil ist ein Auditoriumssitz nach *Keegan* [4], der durch geringe Profilierung gekennzeichnet ist.

Das dritte Profil «Hy 300» lehnt sich an Erfahrungen an, die wir bei der Entwicklung eines Ruhesitzes gemacht haben [7, 8]. Der Sitz ist gekennzeichnet durch eine lange Oberschenkelauflage und eine lange und konkave Rückenlehne mit tiefliegender Lumbosakralstütze.

Das vierte Profil «Hy 200» ist ebenfalls von der Form des vorgängig entwickelten Ruhesitzes [7, 8] abgeleitet. Seine Sitzfläche hat einen abgeschwächten Sitzkeil, die Rückenlehne weist einen ausgeprägten Lendenbansch auf, während sie nach oben konkav umbiegt und eine gewisse Stützung der Schultern ermöglicht.

Das fünfte Profil «Hy 100» ist eine abgeschwächte Version des ersten Profils «Sitzkeil».

3.2 Versuchspersonen

Als Versuchspersonen (Vp) standen uns 27

Studenten und 3 Studentinnen zur Verfügung. Das Durchschnittsalter betrug 22,6 Jahre (Extremwerte 20 bzw. 27 Jahre). Durchschnittliche Körpermaße:

Körperlänge (mit Schuhen) 177,4 cm
 Standardabweichung $\pm 6,9$ cm
 Extremwerte 163,6 bzw. 195,5 cm

Die durchschnittliche Körperlänge der 30 Vp stimmt mit den entsprechenden Maßzahlen von Rekruten in Deutschland und in den USA gut überein. Wir haben keinen Grund zur Annahme, daß unser Kollektiv nicht repräsentativ für die Studenten in der Schweiz war.

3.3 Versuchsanordnung

Die 30 Vp kamen einzeln zu den Untersuchungen, die jeweils 20 bis 30 Minuten dauerten. Zunächst wurden Rückenlehne, Sitzfläche, Sitzhöhe und Schreibfläche in ihren Zuordnungen so lange verändert, bis die Vp angab, die bequemste Stellung sei erreicht. Nachdem diese optimale individuelle Stellung bei allen fünf Sitzen festgelegt war, gaben wir den Vp einen Fragebogen, auf dem sie ihre Urteile getrennt für jeden Sitz vermerkten.

Die Auswertung der Fragebogen gab Hinweise über günstige und ungünstige Formelemente, Neigungen und Dimensionen. Auf Grund dieser Ergebnisse entwickelten wir hernach zwei neue Varianten («Hy 210» und «Hy 211»).

3.4 Ergebnisse der 2. Stufe

Die Resultate der ausgewerteten Fragebogen sind in den Abb. 3a und 3b aufgeführt. Die gezeichneten Sitze entsprechen dabei den Durchschnitten aus allen individuellen optimalen Einstellungen. Die Resultate zeigen zwischen den fünf Sitzen erhebliche Unterschiede in der Beurteilung der Unbequemlichkeit einzelner Körperteile. Dies ist um so auffällender, als jede Vp die für sie

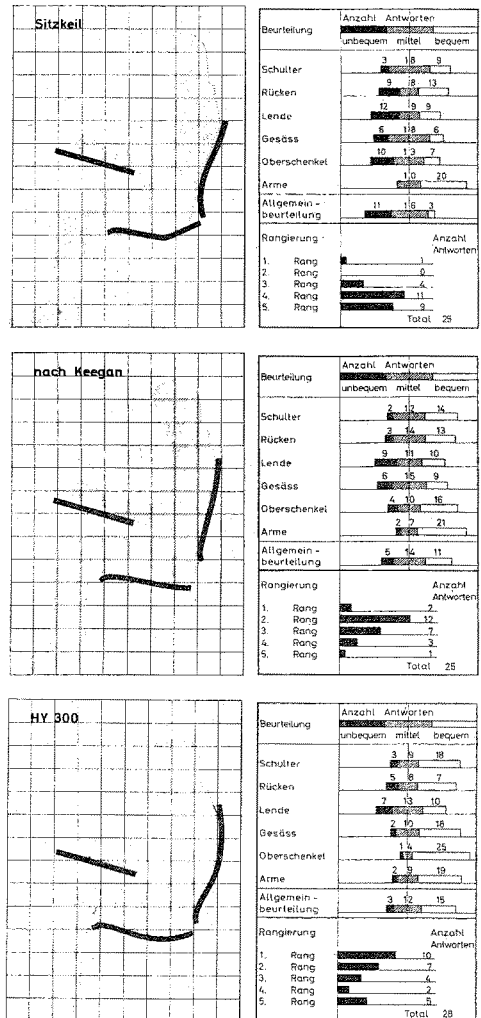


Abb. 3a Beurteilung der Versuchssitze der 2. Stufe durch 30 Vp. Profile: «Sitzkeil», «Keegan», «Hy 300».

günstigste Zuordnung der Sitzelemente wählen konnte.

Für die Weiterentwicklung waren folgende Ergebnisse von besonderer Wichtigkeit:

1. Die Sitzfläche von «Hy 300» und «Hy 200»

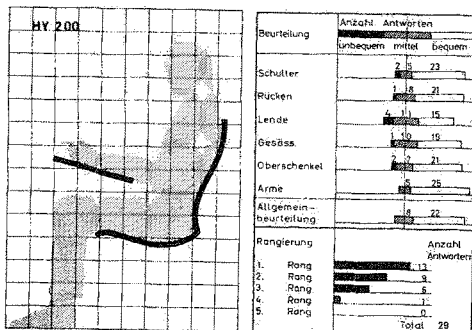
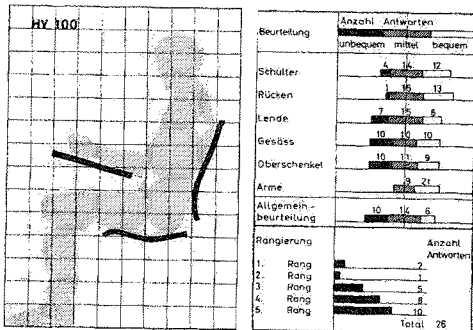


Abb 3b - Beurteilung der Versuchssitze der 2. Stufe durch 30 Vp.

Profile: «Hy 200» und «Hy 100».

wurde eindeutig am besten beurteilt; die Angaben «unbequem» für Gesäß und Oberschenkel traten hier drei- bis sechsmal seltener auf. Von besonderem Interesse ist die sehr schlechte Beurteilung der beiden Varianten «Sitzkeil» und «Hy 100»; dies bestätigt frühere Untersuchungen von *Burandt* und *Grandjean* [9], wonach eine starke Aufwinkelung des hinteren Drittels der Sitzfläche gemäß den Vorschlägen von *Schneider* [3] sehr unbequem ist.

Für die Weiterentwicklung berücksichtigten wir die Sitzfläche von «Hy 300», da hier die Angaben «bequem» für Gesäß und Oberschenkel am häufigsten auftraten.

2. Die Rückenlehne wurde bei «Hy 200» am besten und beim «Sitzkeil» am schlechtesten

beurteilt. Die Verhältnisse «unbequem» zu «bequem» waren am günstigsten.

für die Schulter bei «Hy 200»

für den Rücken bei «Hy 200»

für die Lende bei «Hy 200»

Wir müssen daraus den Schluß ziehen, daß die Vp einer verhältnismäßig hohen Rückenlehne mit einem ausgeprägten Lendenbausch und einer konkaven Form in der oberen Hälfte den Vorzug geben.

3. Die Stellung der Schreibfläche kann auf Grund der Angaben über Empfindungen in den Armen beurteilt werden. Keine Angaben über Unbequemlichkeit zeitigten «Sitzkeil», «Hy 200» und «Hy 100». Berücksichtigen wir auch noch die Angaben «bequem», ergibt sich für »Hy 200« die beste Beurteilung.

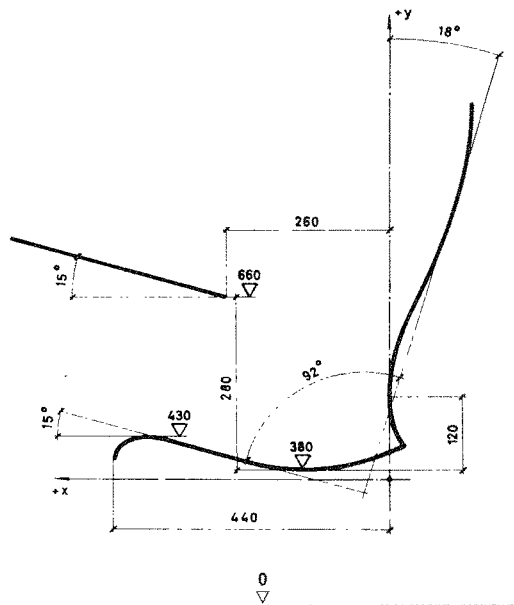
Aus dieser Analyse der Beschwerden an einzelnen Körperteilen ergab sich, daß für die Weiterentwicklung in erster Linie die Sitzfläche von «Hy 300» und die Rückenlehne von «Hy 200» zu berücksichtigen waren.

Betrachten wir auch die Gesamtbeurteilung (Frage: Allgemein) und die Rangordnungen, zeigt sich ein analoges Bild: «Hy 200» steht an der Spitze, gefolgt von «Hy 300» und «Keegan», während der «Sitzkeil» und «Hy 100» eindeutig am schlechtesten beurteilt werden.

3.5 Der entwickelte Hörsaalsitz «Hy 211»

Aus den im vorigen Kapitel dargelegten Ergebnissen haben wir den Hörsaalsitz «Hy 211» entwickelt, wobei von den geprüften Sitzen diejenigen Teile berücksichtigt wurden, die in den Versuchen die seltensten Angaben «unbequem» bewirkt hatten. Im wesentlichen wurden die Sitzfläche von «Hy 300» und die Rückenlehne von «Hy 200» übernommen.

Für die Dimensionierung (Sitzhöhe, Sitzbreite usw.) stützten wir uns zum Teil auf die Angaben der Vp, zum Teil auch auf allgemein bekannte anthropometrische Richtlinien.



Koordinaten:

SP.	x	50	50	100	130	150	200	250	300	350	380	400	427	436
	y	40	25	16	14	14	21	34	48	62	68	66	50	25
RP.	x	-18	-3	0	-1	-9	-26	-48	-72	-90	-106	-118	-126	-129
	y	50	100	130	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600

Abb. 4 Profil und Dimensionierung des entwickelten Hörsaalsitzes «Hy 211».

Breite des Sitzes: 500 mm. Breite der Rückenlehne: 500 mm. Ausrundungsradius der Rückenlehne: 800 mm. Auch die Sitzfläche hat eine nach hinten zunehmende Konkavität (siehe Abb. 5). SP = Sitzflächenprofil. RP = Rückenlehnenprofil.

Das Profil des neuen Sitzes «Hy 211» und dessen Dimensionen sind in Abb. 4 dargestellt.

4. Dritte Stufe: Vergleichende Überprüfung des entwickelten Hörsaalsitzes in standardisierten Sitzversuchen.

4.1 Die geprüften Sitze

Folgende Hörsaalsitze wurden untereinander verglichen:

1. Sitz «Hy 200», der bereits in der 2. Stufe untersucht worden war.
 2. Sitz «Hy 210», der im Längsschnittprofil identisch ist mit «Hy 211»; er hat jedoch keine Ausrundung der Sitzfläche und der Rückenlehne (in Ebenen senkrecht zur Zeichenebene).
 3. Sitz «Hy 211», gemäß Abb. 4.
 4. «Eames Educational Seating», ein Schallensitz mit angebautem Klappstisch.
 5. Aulasitz, der in der 1. Stufe bereits analysiert worden war.
 6. Hörsaalsitz nach Keegan, wobei in diesen Versuchen die Tischplatte nahezu waagrecht und verhältnismäßig weit vorne (etwa 40 cm von der Rückenlehne) angeordnet wurde. Dies entspricht den heute üblichen Hörsaalsitzanordnungen.
- Diese Sitzprofile sind in den Abb. 5a und 5b dargestellt, wobei die Rundungen durch seitliche Begrenzungslinien (dünne Striche) angedeutet sind.

4.2 Versuchspersonen

Für diese Untersuchungen standen uns 36 Vp, 32 Studenten und 4 Studentinnen, zur Verfügung. Das Durchschnittsalter betrug 23 Jahre (Extremwerte 17 bzw. 28 Jahre). Durchschnittliche Körpermaße:

Körperlänge mit Schuhen	178 cm
Standardabweichung	± 7 cm
Extremwerte	158 bzw. 198 cm

4.3 Versuchsanordnung

Die 36 Vp kamen einzeln zu den Sitzversuchen. In einer ersten Prüfung wurden Paarvergleiche ausgeführt. Dabei mußten die Vp je zwei Sitze kurz ausprobieren und den besseren angeben. So wurde in 15 Paarvergleichen jeder Sitz mit jedem andern verglichen und beurteilt. Die Wahlen wurden direkt auf Formulare für die Sequentialanalyse aufgetragen, so daß nach Beendigung aller Versuche das statistische Ergebnis unmittelbar abgelesen werden konnte.

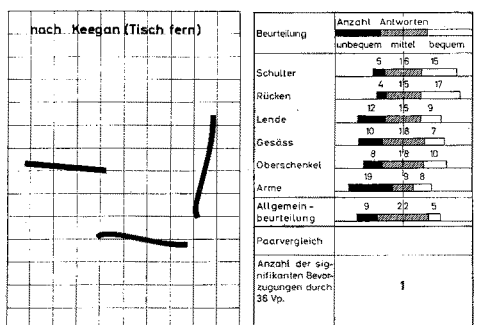
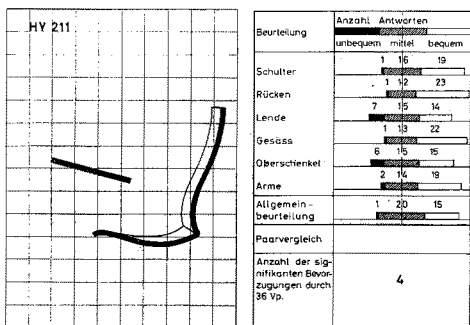
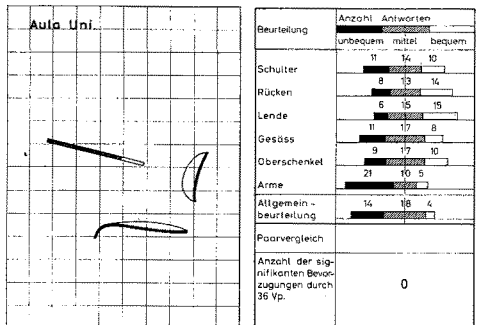
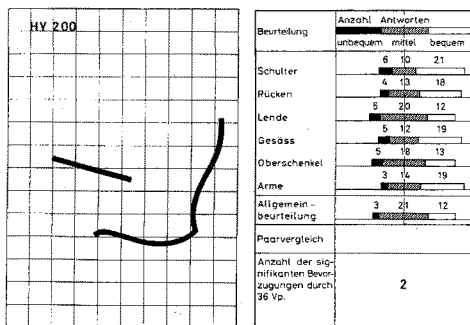
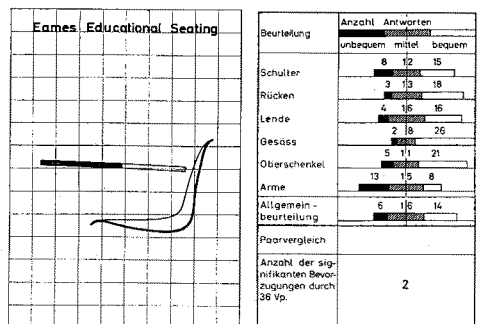
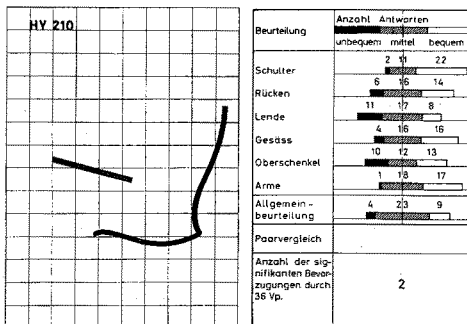


Abb. 5a Beurteilung von «Hy 211» in Laboratoriums-versuchen im Vergleich zu fünf andern Sitzprofilen.

Abb. 5b Beurteilung von «Hy 211» in Laboratoriums-versuchen im Vergleich zu fünf andern Sitzprofilen.

Dünne Linie geben die Profile der seitlichen Begren-zungen an, während die dick ausgezogenen Linien dem Längsschnittprofil entsprechen.

Dünne Linie geben die Profile der seitlichen Begren-zungen an, während die dick ausgezogenen Linien dem Längsschnittprofil entsprechen.

Anschließend saßen die Vp in zufälliger Reihenfolge während je 5 Minuten auf jedem Sitz und füllten den gleichen Fragebogen aus, der bereits in der 2. Stufe zur Anwendung gekommen war.

4.4 Ergebnisse der 3. Stufe

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung und der Paarvergleiche sind in den Abb. 5a und 5b dargestellt. Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. In der *Schultergegend* ist «unbequem» bei den etwa 5 cm höheren Rückenlehnen («Hy 210» und «Hy 211») deutlich seltener als bei den andern. Zu diesem Ergebnis dürfte auch die konkave Form der oberen Hälfte der Rückenlehne beigetragen haben.
2. *Rücken und Lende* werden selten beanstandet bei «Eames», «Hy 211» und «Hy 200». Die andern drei Profile sind eindeutig schlechter ausgefallen. Überraschend häufig kommt «unbequem» bei «Hy 210» vor, der das gleiche Profil hat wie «Hy 211», jedoch ohne Ausrundung des Rückens.
3. *Gesäß und Oberschenkel* geben selten Anlaß zum Urteil «unbequem» bei «Hy 211» und «Eames». Ungünstig werden die Sitze «Aula» und «Keegan» beurteilt. Die beiden erstgenannten Sitze sind gekennzeichnet durch eine schalenförmige Gestaltung der Sitzfläche. Wir vermuten, daß diese Form eine ausgeglichene Druckverteilung im ganzen Gesäß zuläßt und deshalb günstig beurteilt wird.
4. Die *Arme* sind selten «unbequem» bei «Hy 200», «Hy 210» und «Hy 211». Diese Schreibplatten sind um 15 Grad geneigt, ihre Vorderkanten liegen 28 cm über der Sitzfläche (tiefster Punkt) und 26 cm vor der Rückenlehne (senkrechte Tangente am Lendenbausch)
5. Die allgemeine Beurteilung und die Ergebnisse der Paarvergleiche sind in Tab. 4 zusammengefaßt. Bei der allgemeinen Beurteilung wird «Hy 211» deutlich bevorzugt. Hier

Hörsaalsitz	Paarvergleich (signifikante Bevorzugungen)	Allgemeines Urteil «unbequem» %
Hy 200	2 ×	8
Hy 210	2 ×	11
Hy 211	4 ×	3
Eames	2 ×	17
Aulasitz	0	39
Keegan	1 ×	25

Tab. 4 Allgemeine Beurteilung und Ergebnisse der Paarvergleiche in der 3. Stufe (36 Vp).

sei noch hervorgehoben, daß «Eames» dem «Hy 211» sehr nahe käme, wenn die Urteile über Schulter und Arme besser ausgefallen wären.

5. Vierte Stufe: Vergleichende Überprüfung des entwickelten Hörsaalsitzes unter Vorlesungsbedingungen.

5.1 Versuchsanordnung

Es wurden die gleichen Sitze wie in der 3. Stufe geprüft, mit Ausnahme des Aulasitzes, der aus Platzgründen ausfallen mußte. Die Versuche fanden im Rahmen normaler Vorlesungsstunden statt. Vor jeder Vorlesung wurden je 5 Studenten oder Studentinnen aufgefordert, in den 5 Versuchssitzen Platz zu nehmen und am Ende der Stunde die Fragebogen auszufüllen. Auf diese Weise wurden 200 Fragebogen ausgefüllt.

5.2 Ergebnisse der 4. Stufe

Die Ergebnisse sind in den Tab. 5 und 6 zusammengestellt. Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen (für das Sitzen während einer Stunde):

1. Die *Rückenlehne* wird bei «Hy 211» am meisten benutzt und am besten beurteilt bei der angelehnten Sitzhaltung.
2. Bei *vorgeneigtem Sitzen* wird «Hy 211» gut beurteilt; dabei werden auch verhältnismäßig wenig Angaben über schmerzhafte Beschwerden am Gesäß und in den Ober-

Frage	Antworten	Keegan %	Hy 211 %	Hy 210 %	Hy 200 %	Eames %
Benutzen Sie die Rückenlehne?	immer	18	46	32	33	34
	häufig	53	54	64	56	52
	selten	29	0	5	10	13
Gleitet Ihr Gesäß leicht nach vorne?	ja	47	54	38	48	37
	nein	53	46	62	52	63
Wenn «ja»: wie empfinden Sie das?	angenehm	16	10	15	10	0
	gleichgültig	13	25	13	15	16
	unangenehm	16	18	10	20	21
Haben Sie während der Vorlesung schmerzhaft Beschwerden verspürt?	ja	46	30	51	45	41
	nein	54	70	49	55	59
Wenn «ja»: Wo?	Nacken	8	3	3	13	8
	Schultern	8	8	0	5	5
	Rücken	24	16	28	28	14
	Gesäß	14	5	0	8	8
	Oberschenkel	0	5	23	5	11
	Unterschenkel und Füße	5	0	8	8	11
Wie empfinden Sie den Sitzplatz, wenn Sie sich hinten anlehnen?	bequem	29	63	53	48	43
	mittel	53	34	33	30	37
	unbequem	18	3	15	22	20
Wie empfinden Sie den Sitzplatz bei vorgeneigtem Sitzen?	bequem	20	26	18	24	31
	mittel	40	65	46	66	49
	unbequem	40	9	36	10	20
Kennen Sie aus eigenem Erlebnis Hörsaalmobiliar, das hinsichtlich Sitzkomfort besser ist als dieses?	ja	20	3	14	15	17
	nein	80	97	86	85	83

Tab. 5 Beurteilung des Sitzverhaltens und körperliche Empfindungen bei 5 Hörsaalsitzen unter Vorlesungsbedingungen.

Die Zahlen sind Prozentwerte, bezogen auf die ausgefüllten Fragebogen (etwa 40) pro Sitz. Total 200 Fragebogen. Die horizontalen Linien verbinden Wertepaare, deren Differenzen mit $p < 0,05$ signifikant sind.

schenkeln gemacht. Dies deutet darauf hin, daß bei «Hy 211» die Sitzfläche gut beurteilt wird, was durch die Antworten zu den Fragen bezüglich Neigung und Tiefe der Sitzfläche (Tab. 6) bestätigt wird.

3. Die *Sitzhöhe* betrug bei «Eames» 47 cm, bei den andern Sitzen 43 bis 44 cm. Obschon die Differenzen nicht signifikant sind, kann man doch den Schluß ziehen, daß für Studenten Sitzhöhen von 43 bis 44 cm eher etwas zu niedrig sind.

4. Die *Neigung der Sitzfläche von 15 Grad* (Abb. 4) wird bei «Hy 211» als gut beurteilt.

5. Die *Sitztiefe* von 43 bis 44 cm wird bei allen Sitzen mehrheitlich als gut bezeichnet.

6. Bei der *Schreibplatte* wird die Höhe (Vorderkante—Sitzfläche) von 28 cm mehrheitlich als gut bezeichnet; immerhin wird «zu niedrig» häufiger angegeben als «zu hoch». Die Neigung von 15 Grad («Hy 211», «Hy 210» und «Hy 200») wird mehrheitlich als gut beurteilt; dabei wird allerdings «zu stark» häu-

Frage	Antworten	Keegan %	Hy 211 %	Hy 210 %	Hy 200 %	Eames %
Wie passen folgende Konstruktionselemente des Mobiliars zu Ihrem Körperbau?						
Ist die Höhe der Sitzfläche über dem Boden	gut	75	70	75	72	68
	zu hoch	3	0	10	0	24
	zu niedrig	23	30	15	28	8
Ist die nach hinten abfallende Neigung der Sitzfläche	gut	75	90	73	72	78
	zuviel	15	5	20	13	16
	zuwenig	10	5	7	15	5
Ist die Tiefe der Sitzfläche von ihrer Vorderkante bis zur Hinterkante	gut	70	84	78	76	71
	zuviel	13	5	7	11	11
	zuwenig	18	10	15	13	18
Ist die Rückneigung der Rückenlehne	gut	59	72	59	74	54
	zuviel	28	18	28	23	22
	zuwenig	13	10	13	3	24
Ist die Höhe der Schreibplatte	gut	64	75	80	80	56
	zu hoch	21	5	0	5	3
	zu niedrig	15	20	20	15	42
Ist die Schreibplattengröße	gut	62	62	50	44	11
	zu groß	3	3	0	0	0
	zu klein	36	36	50	56	89
Ist die Neigung der Schreibplatte	gut	62	62	72	62	90
	zu stark	3	38	26	38	5
	zu gering	36	0	3	0	5
Ist der Abstand der Schreibplatten-vorderkante vom Oberkörper	gut	26	76	65	56	66
	zu weit	72	3	0	5	24
	zu nahe	3	21	35	39	11

Tab. 6 Beurteilung der Dimensionierung von 5 Hörsaalsitzen unter Vorlesungsbedingungen. Die Zahlen sind Prozentwerte, bezogen auf die ausgefüllten Fragebogen (etwa 40) pro Sitz. Total 200 Fragebogen. Die horizontalen Linien verbinden Wertepaare, deren Differenzen mit $p < 0,05$ signifikant sind.

figer angegeben als «zu gering». Bei «Keegan» wird die Neigung von 5 Grad als zu gering, bei «Eames» dagegen in der großen Mehrheit als gut beurteilt.

6. Besprechung der Ergebnisse und Empfehlung für einen Hörsaalsitz.

Aus vergleichenden Prüfungen verschiedener Hörsaalsitze ging eindeutig hervor, daß der Sitz «Hy 211» von den Studenten am be-

sten beurteilt wurde. Dabei ist von besonderem Interesse, daß die beiden Körperstellungen «vorgeneigtes Sitzen» und «angelehntes Sitzen» – die häufigsten Sitzhaltungen in den Vorlesungen – bei «Hy 211» die seltensten Angaben «unbequem» verursachten. Wir führen die gute Beurteilung von «Hy 211» auf die besondere Form der Sitzfläche und deren Beziehung zur Rückenlehne zurück. Die Gesäßmulde von «Hy 211» gleicht einer Kugelschale, die mehrere Gleichgewichts-

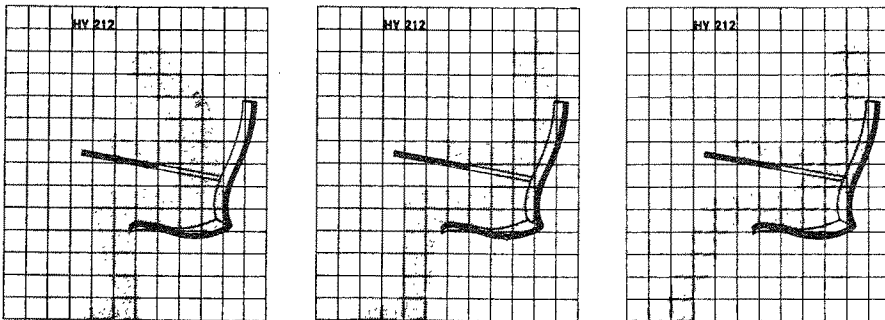


Abb. 6 Der empfohlene Hörsaalsitz «Hy 212» mit drei typischen Sitzhaltungen. Die dünnen Linien entsprechen dem Profil der seitlichen Begrenzungen, die dick ausgezogenen dem Längsschnitt durch die Mitte.

lagen des Körpers zuläßt und den Übergang von einer Lage zur andern erleichtert. Dabei kann die Rückenlehne ihre Stützfunktion in jeder Sitzsituation ausüben. Diese Überlegungen sind in Abb. 6 illustriert.

In der letzten Versuchsreihe (4. Stufe) zeigte sich, daß beim Sitz «Hy 211» das Gesäß noch leicht nach vorne abgleitet und daß der Winkel der Schreibplatte etwas zu groß ist. Dies veranlaßte uns, den Hörsaalsitz «Hy 211» in geringfügiger Weise zu modifizieren: die Schreibplattenneigung wurde auf 10 Grad reduziert und die Tischvorderkante um 4 cm nach vorne verlegt (Tischvorderkante bis senkrechte Tangente am Lendenbausch = 30 cm). Letztere Maßnahme erlaubt auch korpulenteren Personen ein bequemes Sitzen.

Um die bequeme Armhaltung beim Schreiben aufrechtzuerhalten, schlagen wir seitlich eine Armlehne in Verlängerung der Schreibplatte vor.

Diese Änderungen dürften eine etwas verstärkte Vorneigung des Körpers beim Schreiben bewirken, was uns veranlaßt hat, die Auflagefläche der Oberschenkel gegenüber dem Längsschnitt durch die Mitte um knapp 1 cm zu erniedrigen.

Dieser leicht modifizierte Sitz erhielt die Be-

zeichnung «Hy 212» und ist in den Abb. 6 und 7 dargestellt.

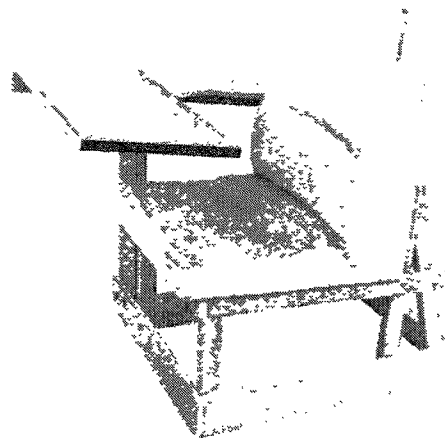


Abb. 7 Das Gipsmodell des empfohlenen Hörsaalsitzes «Hy 212».

Literatur

- [1] *Akerblom B.*: Standing and sitting posture. Stockholm: Nordiska Bokhandeln 1948.
- [2] *Schoberth H.*: Sitzhaltung, Sitzschaden, Sitzmöbel. Springer Berlin 1962.
- [3] *Schneider H. J.* und *Lippert H.*: Das Sitzproblem in funktionell-anatomischer Sicht. *Med. Klin.* 56, 1164 (1961).
- [4] *Keegan J. J.*: Evaluation and improvement of seats. *Industr. Med. Surg.* 31, 137 (1962).
- [5] *Oxford H. W.*: Are you aware – of the danger of sitting incorrectly? Namco, Australia 1966.
- [6] *Oxford H. W.*: The problem of misfit furniture. Public Relations Officer, Dept. of Education, Sydney 1966.
- [7] *Grandjean E.* und *Burandt U.*: Die physiologische Gestaltung von Ruhesesseln. *Bauen und Wohnen* 1964, 233–236.
- [8] *Grandjean E.*, *Böni A.* und *Kretzschmar H.*: Entwicklung eines Ruhesesselprofils für gesunde und rückenranke Menschen. *Wohnungsmedizin* 5, 51–56 (1967).
- [9] *Burandt U.* und *Grandjean E.*: Die Wirkungen verschiedenartig profilierter Sitzflächen von Bürostühlen auf die Sitzhaltung. *Int. Z. angew. Physiol. einschli. Arbeitsphysiol.* 20, 441–452 (1964).

Adressen der Autoren:

G. Wotzka, Prof. Dr. med. E. Grandjean, U. Burandt, H. Kretzschmar, Th. Leonhard, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Clausiusstraße 25, 8006 Zürich