**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 85 (1994)

**Heft:** 16

**Artikel:** Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor

**Autor:** Aebischer, B. / Mutzner, J. / Spreng, D.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-902581

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 14.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

Eine im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) und des Verbands Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) durchgeführte Studie der Forschungsgruppe Energieanalysen am ETH-Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik befasst sich mit dem Thema: «Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs im Dienstleistungssektor einer grösseren Stadt». Die Studie ist von Dr. Bernard Aebischer und Prof. Daniel Spreng ausgearbeitet worden und kann bei der EDMZ[1)] bezogen werden. Im folgenden sind die wichtigsten Aspekte aus dieser Untersuchung zusammengefasst.

# Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor

■ B. Aebischer, J. Mutzner, D. Spreng

## Der Dienstleistungssektor im Überblick

### Dienstleistungssektor Schweiz

Mit einem Anteil von rund einem Viertel der gesamtschweizerischen Stromversorgung nimmt der Dienstleistungssektor (ohne Berücksichtigung des Verkehrsanteils) einen gewichtigen Stellenwert ein (Bild 1). In einzelnen Regionen entfällt sogar über die Hälfte des gesamten Stromverbrauchs auf diesen Sektor. Trotz dieser Tatsache ist die Energieverbrauchsstruktur des Dienstleistungssektors noch wenig erforscht. Dies lässt sich vor allem auf den sehr heterogenen Aufbau der in den Dienstleistungssektor fallenden Betriebe (Büros, Gaststätten, Spitäler, Kinos/Theater, Schulen, Tankstellen usw.) und deren unter-

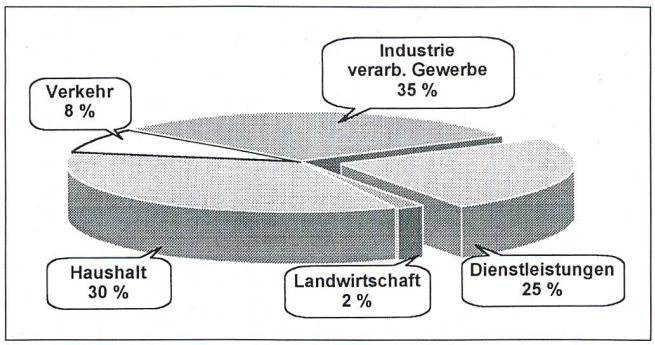



Bild 1 Anteile der verschiedenen Verbrauchssektoren in der Schweiz

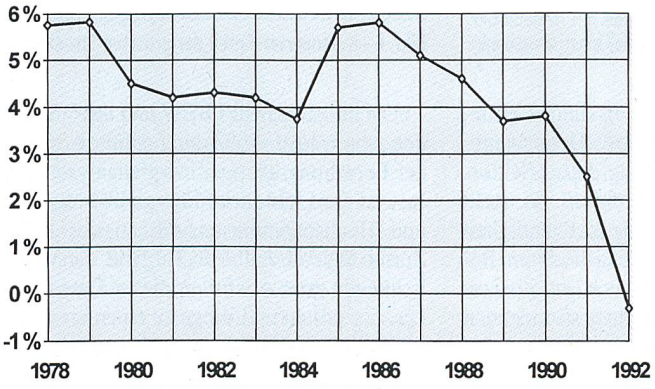



Bild 2 Jährliche Zuwachsraten des Stromverbrauchs im Dienstleistungssektor der Stadt Zürich

**Adresse der Autoren:**
Dr. *Bernard Aebischer*
Forschungsgruppe Energieanalysen
Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH-Zentrum/ETL
8092 Zürich.

*Jürg Mutzner*
Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Postfach 6140, 8023 Zürich.

Prof. Dr. *Daniel Spreng*
Forschungsgruppe Energieanalysen
Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik, ETH-Zentrum/ETL
8092 Zürich.

[1)] Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern; Bestell-Nr. 805.571 d.

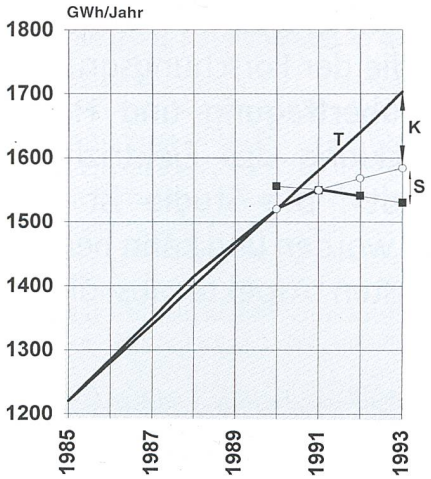



Bild 3 Die Modellierung der Stromverbrauchsentwicklung in der Stadt Zürich aufgrund der Trendentwicklung

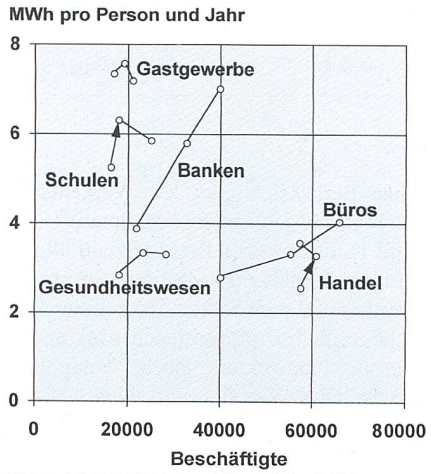



Bild 5 Elektrizitätsintensität und Beschäftigte (Jahre: 1977, 1985, 1991). Die Anzahl Beschäftigte nimmt in allen Branchen zu (Ausnahme: Handel)

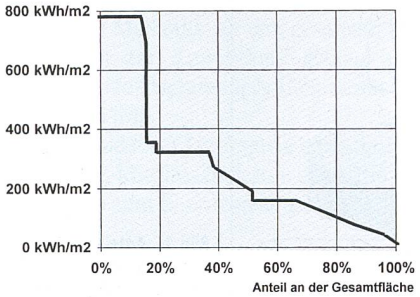



Bild 7 Profil der Energiekennzahl Elektrizität (der Grösse nach geordneter Verbrauch pro Bruttogeschossfläche einzelner Gebäude mit Angabe der jeweiligen Geschossflächenanteile) einer Grossbank

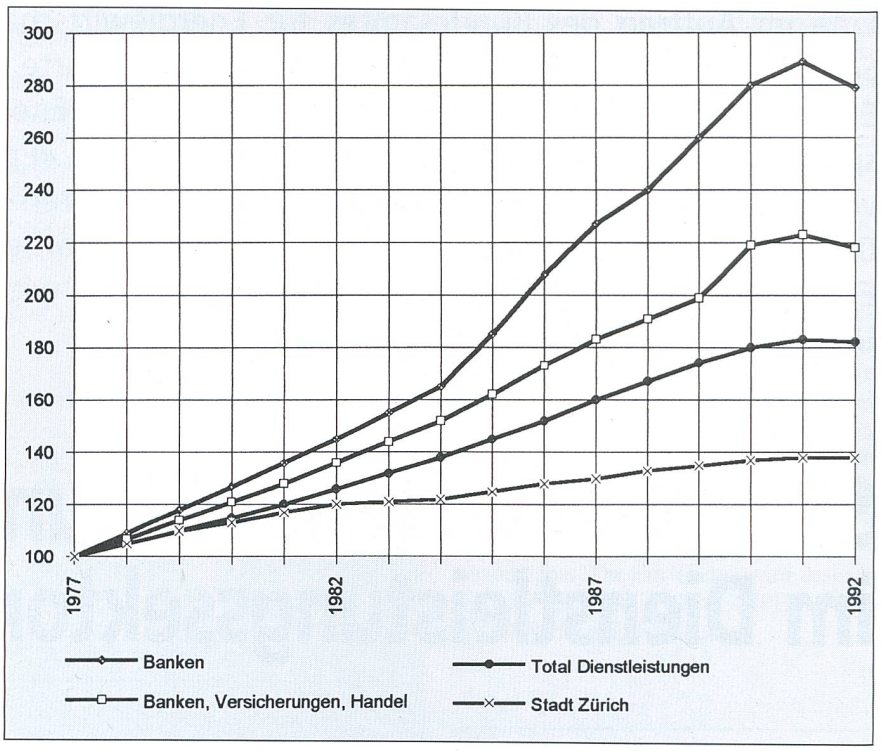



Bild 4 Relative Entwicklung des Stromverbrauchs in verschiedenen Verbrauchergruppen der Stadt Zürich (1977 = 100)

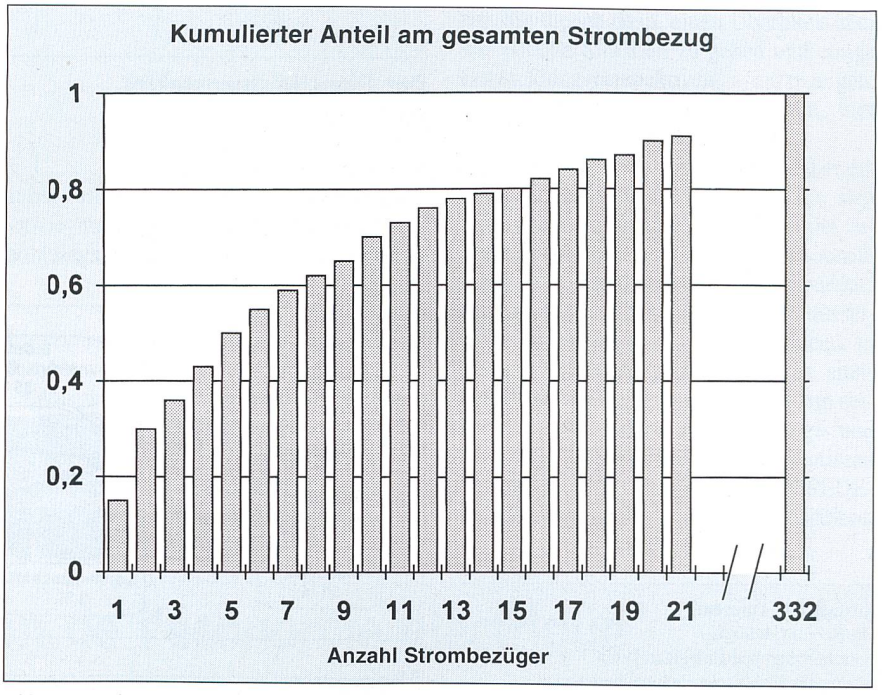



Bild 6 Kumulierter Anteil der grössten Strombezüger am gesamten Stromverbrauch aller Warenhäuser

schiedlichen Nutzungsarten und Geräteausstattungen zurückführen. Dementsprechend ist eine Modellierung dieses Sektors auch schwierig durchzuführen. Es stellt sich damit zwangsläufig die Notwendigkeit zu einer vertieften und detaillierteren Betrachtung, insbesondere auch im Zusammenhang mit verbrauchsbestimmenden Einflussgrössen wie der Anzahl der Arbeitsplätze usw.

Die im Auftrag des BEW und des VSE in den Jahren 1991–1993 durchgeführte Studie der Forschungsgruppe Energieanalysen am Institut für Elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik an der ETH Zürich hatte deshalb zur Aufgabe, die Möglichkeiten zum Ausfüllen dieser Datenlücken auszuloten und Wege zu einer besseren Modellierung («Bottom-up-Ansatz») des Dienstleistungssektors aufzuzeigen.

### Dienstleistungssektor in der Stadt Zürich

In der Stadt Zürich hat der Dienstleistungssektor in bezug auf seinen Strombedarf einen überdurchschnittlichen Anteil von 56% am Gesamtstrombedarf. Diese Situation widerspiegelt das unterschiedliche Strombedarfsprofil von ländlichen und städtischen Gebieten. Die Untersuchung hat auch (nicht unerwartet) gezeigt, dass

regional und branchenweit sehr unterschiedliche Strombedarfsansprüche bestehen.

Die Veränderungen in diesem Sektor waren in den letzten Jahren sehr ausgeprägt. Aus praktischen Erwägungen musste sich die Untersuchung auf die Stadt Zürich beschränken, wo auch relativ gute statistische Basisdaten zur Verfügung stehen.

Bild 2 zeigt die bis zum Jahr 1990 für den Dienstleistungssektor charakteristischen hohen Zuwachsraten im Stromverbrauch. Dies ist in ähnlichem Ausmass auch bei der Zahl der in diesem Sektor Beschäftigten festzustellen. Neben den wirtschaftlichen Einflussfaktoren haben insbesondere die Technisierung der Gebäude und die erheblichen Umstellungen bei den Arbeitsabläufen (Computerisierung der Arbeit) zu dieser Entwicklung beigetragen.

### Stromverbrauch und Beschäftigte

Der Zusammenhang zwischen der Beschäftigtenzahl (ihrerseits abhängig von der Konjunktur sowie der technischen Entwicklung) ist im Dienstleistungssektor besonders offenkundig. Dementsprechend wurde dem Begriff der Elektrizitätsintensität (Stromverbrauch je Beschäftigten) in der Untersuchung ein hoher Stellenwert eingeräumt. Durch die Modellierung des Stromverbrauchs aufgrund des Ansatzes

*Stromverbrauch =*
*Anzahl der Beschäftigten*
x *spezifischer Stromverbrauch*
*pro Beschäftigten*

lässt sich die in den letzten Jahren stattgefundene Stromverbrauchsentwicklung in der Stadt Zürich gut verdeutlichen (Bild 3).

Der Gesamttrend, das heisst die prognostizierte Entwicklung (T) kombiniert den Trend der Anzahl Beschäftigten mit der Trendentwicklung für den spezifischen Stromverbrauch pro Beschäftigten. Die Abweichung von diesem Gesamttrend lässt sich in die Komponenten Konjunktureinbruch ab 1990 (K) sowie in eine plötzlich konstant bleibende Elektrizitätsintensität (S) aufteilen.

Mit dieser modellmässigen Interpretation des gemessenen Verbrauchs ist nicht viel erklärt. Warum soll der Stromverbrauch in gröbster Näherung proportional zur Anzahl der Beschäftigten sein und warum hat der Stromverbrauch pro Beschäftigten in den 80er Jahren stetig zugenommen, um dann in den 90er Jahren plötzlich konstant zu bleiben? Um diese Entwicklung besser zu verstehen, ist der Stromverbrauch gründlicher zu analysieren.

## Entwicklung einzelner Branchen

Aufschlussreich ist die Verteilung des Stromverbrauchs innerhalb des Dienstleistungssektors. In der Stadt Zürich entfällt auf diese Verbrauchergruppen heute rund 56% des gesamten Stromverbrauchs (Tabelle 1). Innerhalb von rund zehn Jahren stieg dieser Anteil um rund 10%.

In der Stadt Zürich ist der Dienstleistungssektor nicht nur die grösste Verbrauchergruppe, sondern weist auch die grösste Verbrauchsdynamik auf. Und innerhalb des Dienstleistungssektors gibt es wiederum Branchengruppen, die überdurchschnittlich wachsen.

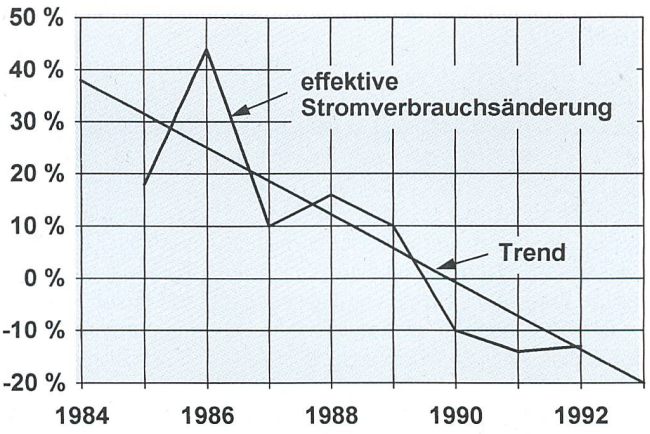
Das Beispiel in Bild 4 illustriert diese unterschiedliche Entwicklung des Stromverbrauchs. Ausgehend von der Stadt Zürich mit dem geringsten Stromverbrauchszuwachs ergibt sich bei jeder weiteren Unterteilung, welche die Branche der Banken enthält (Dienstleistungssektor; Branchengruppe Banken/Versicherungen/Büros/

**Der Dienstleistungssektor in der Stadt Zürich in Zahlen**

| Branche | Anteile am Gesamtverbrauch 1992 (%) | Mittlere jährliche Zunahme des Stromverbrauchs 1978–1990 (%) | Mittlere jährliche Zunahme des Stromverbrauchs 1991–1993 (%) |
|---|---|---|---|
| Produktion | 13 | 0,5 | – 5,9 |
| Haushalte | 22 | 1,0 | 1,0 |
| Dienstleistungen | 56 | 4,6 | – 0,2 |
| – Banken, Büro, Handel | 47 | 6,2 | – 1,9 |
| – Verkehr, Gastgewerbe | 24 | 2,7 | 0,3 |
| – Schulen, Gesundheit u.a. | 29 | 4,0 | 2,5 |

Tabelle 1 Überblick über den Stromverbrauch in der Stadt Zürich

Bild 8 Relative jährliche Veränderungen des Strombezugs in den Rechenzentren einer Grossbank



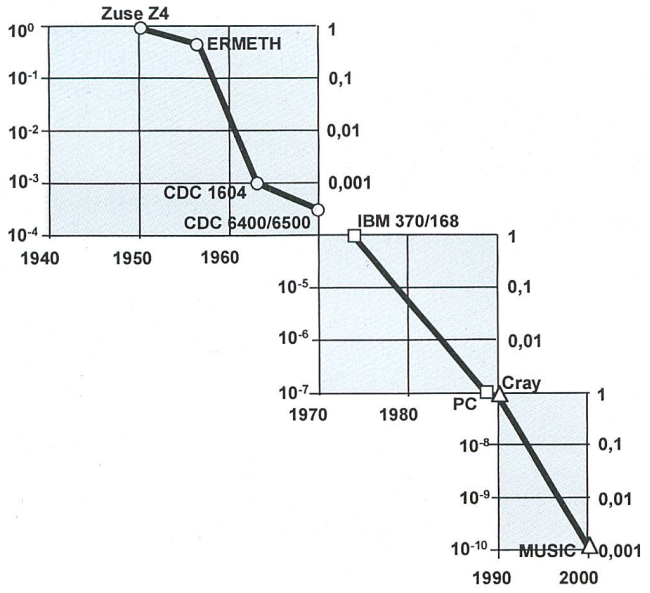




Bild 9 Entwicklung des relativen, spezifischen Stromverbrauchs von verschiedenen Computergenerationen mit jeweils ähnlicher Rechenleistung (links kumuliert, rechts für jede Generation einzeln; Ausgangsindex = 1)

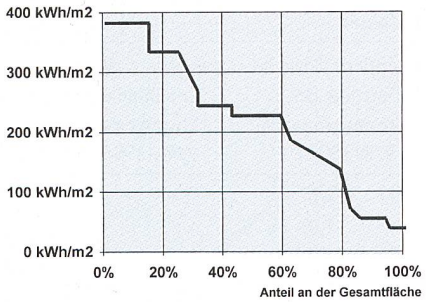



Bild 10 Profil der Energiekennzahl Elektrizität der Lebensmittelläden eines Grossverteilers

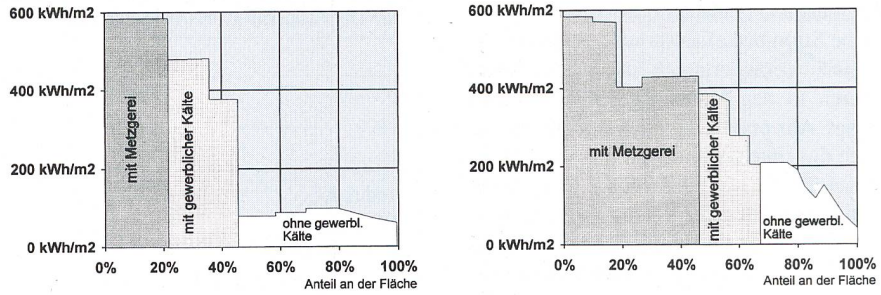



Bild 11 Entwicklung des Jahres-Stromverbrauchs durch internen Strukturwandel (links 1980, rechts 1990)

Handel; Banken), eine höhere Verbrauchszunahme.

Bild 5 zeigt erhebliche Unterschiede der Elektrizitätsintensitäten (Stromverbrauch pro Beschäftigten und Jahr) in den einzelnen Dienstleistungsbranchen. Sie reichen von rund 3000 kWh bei Büros und Handelsbetrieben bis zu rund 7500 kWh im Gastgewerbe. Besonders auffällig ist die in der Periode 1977–1991 feststellbare Zunahme (fast Verdoppelung) der Elektrizitätsintensität bei den Banken, die vor allem durch den Zubau von Rechenzentren, die Verbreitung energieintensiver Haustechnik und elektronischer Bürogeräte charakterisiert werden kann.

## Detaillierte Untersuchung der Basis-Zusammenhänge («Bottom-up»-Ansatz)

### Grossverbraucher beanspruchen einen massgebenden Anteil

Es hat sich in der Studie gezeigt, dass die reichlich vorhandenen Daten des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich zum Zeitpunkt der Studie weniger als erwartet für einen «Bottom-up»-Ansatz geeignet waren. Damals konnten nämlich die Verbrauchswerte für einzelne Kunden mit vertretbarem Aufwand nicht mit Referenzgrössen (Anzahl Beschäftigte, Umsatz oder Geschossfläche) in Verbindung gebracht werden. Heute dürfte die Datensituation besser sein. Als alternative Datenquelle boten sich aber in fast allen Dienstleistungsbranchen eine kleine Anzahl Grossverbraucher an, die zusammen jeweils mit einem ansehnlichen Anteil am Stromverbrauch beteiligt waren.

Dies zeigt sich deutlich am Beispiel der Warenhäuser (Bild 6). Hier beanspruchen die fünf grössten Betriebe allein rund 50% des gesamten Branchenverbrauchs.

### Sektor «Banken»

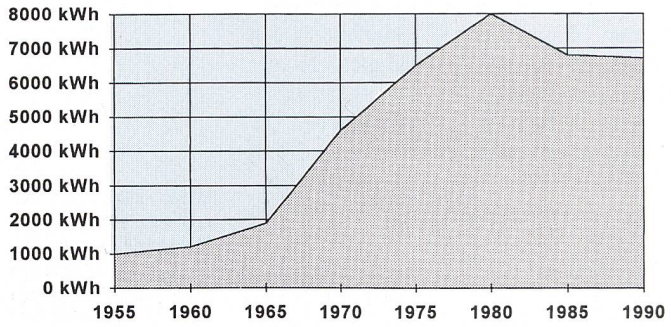
Die Banken nehmen im Dienstleistungsbereich der Stadt Zürich traditionell eine wichtige Rolle ein. Deren Stromverbrauchsanteil ist in den letzten 15 Jahren von 25 auf 37% angestiegen. Dies war nur über eine aussergewöhnlich hohe jährliche Wachstumsrate des Strombedarfs von über 9% möglich. Die Änderungen des Stromverbrauchs bei den Banken, die sich in der Anstiegsphase des Stromverbrauchs auf Einzelereignisse, wie die Errichtung eines grossen Rechenzentrums, in der Phase des Verbrauchsrückgangs aber vor allem auf Wirkungsgradverbesserungen zurückführen lassen, wirken sich bestimmend auf die Verbrauchsentwicklung des gesamten Dienstleistungssektors aus.

Der Anteil der Rechenzentren am Stromverbrauch der Banken ist ausserordentlich hoch. Die Analyse einer näher untersuchten Grossbank hat ergeben, dass dieser Anteil mehr als die Hälfte des gesamten Stromeinsatzes beansprucht. Die in diesen Rechenzentren beschäftigten Personen umfassen jedoch nur rund 20% des gesamten Bankpersonals.

Mitte der 80er Jahre wurden die Rechenkapazitäten stark erweitert, was den Stromverbrauch in den Rechenzentren innerhalb von fünf Jahren etwa verdoppelte. Seither hat die Zuwachsrate stark abgenommen und ist seit 1990 negativ (Bild 8), das heisst seit 1990 nimmt der Stromverbrauch in den Rechenzentren dieser Grossbank ab, obwohl die Rechnerleistungen immer noch gesteigert werden. Dieser Trend dürfte sich in den nächsten Jahren fortsetzen, bei andern Banken allenfalls etwas zeitverschoben.

Dieser Rückgang des spezifischen Stromverbrauchs in den Rechenzentren ergibt sich aus dem Ersatz von einzelnen Grossrechnern, wobei die neuen Rechnergenerationen trotz höheren Rechenleistungen jeweils bedeutend weniger Energie benötigen (Bild 9). Auch dieser Trend dürfte sich auch in der Zukunft fortsetzen.

Bild 12 Stromverbrauchsentwicklung pro Studierenden an der ETH



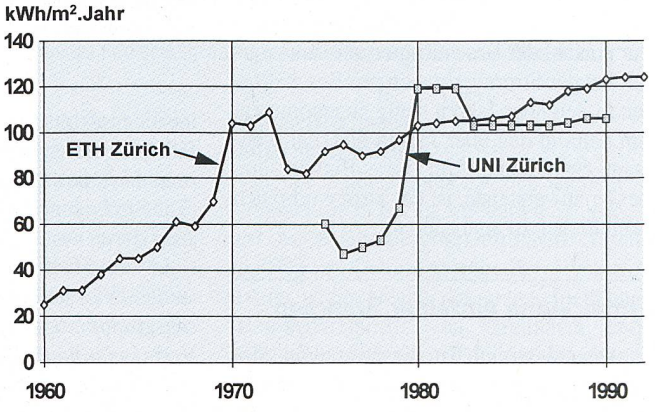




Bild 13 Stromverbrauch pro Energiebezugsfläche an der ETH und der Universität Zürich

### Sektor «Detailhandel»

Als wichtigstes Ergebnis der Studie stellte sich heraus, dass die Bruttogeschossfläche im Detailhandel eine besonders stabile Bezugsgrösse darstellt. Aus der Veränderung der Elektrizitäts-Kennzahlprofile kann viel entnommen werden. Der Stromverbrauch pro Flächeneinheit, im Vergleich mit der kumulierten Gesamtfläche aller Filialen eines Grossverteilers, ist in Bild 10 wiedergegeben.

Das Profil der Energiekennzahl Elektrizität erlaubt die Unterteilung der Branche in mehr oder weniger homogene Gruppen. Es erweist sich zum Beispiel als sinnvoll, Läden mit Metzgerei (sehr viel gewerbliche Kälte, andere Läden mit gewerblicher Kälte und Läden ohne gewerbliche Kälte) zu unterscheiden. Ein Vergleich von zwei Stichjahren (Bild 11) zeigt, dass die Veränderung des Energieverbrauchs im Lebensmittelhandel durch internen Strukturwandel (Zunahme der Läden mit Metzgereien, Lädelisterben) zu erklären ist. Bei den Ladentypen mit und ohne gewerbliche Kälte scheinen sich höhere energetische Wirkungsgrade der Einrichtungen und höhere Ansprüche an die Einrichtungen etwa auszugleichen.

### Sektor «Bildungswesen/Schulen»

Auch im Sektor Schulen dominieren wenige Grossverbraucher das Bild. Die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich hat einen Anteil von 50% am Energieverbrauch dieses Sektors, die Universität Zürich einen von 25%. Bild 13 zeigt den rasanten Anstieg des Stromkonsums pro ETH-Student bis zum Jahr 1980. Besonders wegen eines kleineren Flächenbedarfs beträgt der Stromverbrauch pro Studierender und Jahr an der Universität nur rund 2000 kWh, also weniger als ein Drittel des Werts an der ETH. Bild 13 zeigt den ebenfalls stark ansteigenden Stromverbrauch pro Energiebezugsfläche. Diese markante Verbrauchsentwicklung hängt wesentlich mit der damaligen Erneuerung und Erweiterung der Bauten im ETH-Zentrum und in der Aussenstation Hönggerberg zusammen.

### Sektor «Gesundheitswesen/Spitäler»

Weniger überraschend präsentieren sich die Stromverbrauchsanteile im Sektor Gesundheitswesen, wo die Spitäler mit 70% den Löwenanteil beanspruchen (Heime 21%, Ärzte 9%).

Bild 14 zeigt für das Universitätsspital Zürich die Entwicklung (von 1950 bis 1988) der beschäftigten Personen, der Anzahl Patienten und der Bettenzahl. Am eindrücklichsten ist die starke Zunahme der Anzahl Beschäftigten pro Patient oder pro Bett. Sie ist nicht zuletzt bedingt durch die Zunahme der Anzahl Studierenden (das Universitätsspital dient auch als Ausbildungsstätte für die zukünftigen Ärzte), durch stetig neue medizinische Tätigkeiten und Forschungsziele.

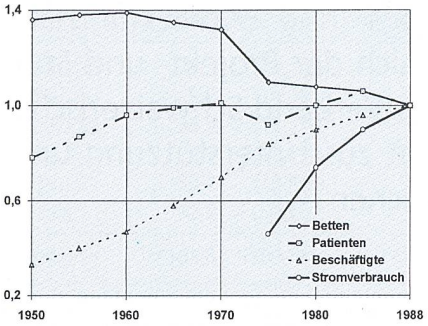



**Bild 14 Entwicklung der Beschäftigten, Patienten und Betten von 1950 bis 1988 (1988 = 1)**

Dabei spielt es eine grosse Rolle, dass die Mehrzahl der neuen Untersuchungs-, Therapie- und Forschungsgebiete nicht «alte» ersetzen, sondern ergänzend dazukommen. Die damit verbundene räumliche Expansion bildete in den Jahren 1975 bis 1985 den wichtigsten Faktor für die Entwicklung des Stromverbrauchs des Universitätsspitals. In den andern Spitälern ist in 5–10 Jahren mit ähnlichen Entwicklungen zu rechnen.

## Schlussfolgerungen

Aufgrund der ermittelten sektoriellen Basisdaten wurden von den Autoren der Studie die Möglichkeiten zur Modellbildung für Entwicklungsprognosen im Dienstleistungssektor ausgelotet. Der Stromeinsatz in diesem Sektor erfolgt für Tausende von verschiedenen Anwendungen.

Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass als Ansatzpunkt zur Prognosebildung eine «Bottom-up»-Methode ungeeignet ist, wenn diese von den stromverbrauchenden Geräten ausgeht. Die Vielfalt der Geräte und Installationen bildet dabei nicht einmal das wesentlichste Hindernis, sondern vor allem die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten dieser Apparate erschweren die Erstellung von verlässlichen Analysen. Beleuchtung, Ventilation und Klimatisation beanspruchen ungefähr 70% des gesamten Stromverbrauchs im Dienstleistungssektor. Es ist äusserst schwierig, die Nutzung dieser Geräte quantitativ zu erfassen.

Demgegenüber erwiesen sich Elektrizitätskennzahlen für homogene Untergruppen von Branchen als wertvolle Ausgangsdaten eines Modells.

Die Modellierung des Dienstleistungssektors über Energiekennzahlen einheitlicher Gruppen dürfte zu brauchbaren Prognosemodellen für Langfristperspektiven führen. Kurzfristige Einflüsse, zum Beispiel konjunkturelle Einflüsse oder die Auswirkungen kurzfristig veränderter Energiepreise, lassen sich hingegen durch einen solchen Ansatz nicht abschätzen.

Gesamthaft hat die Untersuchung gezeigt, dass noch ein grosser Mangel an gesicherten Energiedaten auf der Ebene der Dienstleistungsunternehmen besteht. Von dieser Ebene aus könnten durch bessere datenmässige Erfassung der spezifischen Energieverbrauchs-Verhältnisse die Auswirkungen der technischen Entwicklung dieses Sektors besser abgeschätzt werden.

Zudem liesse sich langfristig durch eine gründlichere Kenntnis der Verbrauchszahlen auf Stufe der Unternehmen eine erhebliche Verfeinerung der Modellierung und damit der Prognosezuverlässigkeit erzielen. Besonders nützlich wäre die Erfassung ergänzender Daten, so vor allem Daten zur Entwicklung im wirtschaftlichen und baulichen Bereich (besonders Gebäudeflächen, Umsätze, Arbeitsplätze).

## Evolution de la demande d'électricité du secteur tertiaire

Le secteur tertiaire (transports non compris) contribue pour environ 25 pour cent à la demande totale d'électricité de la Suisse. Dans certaines régions, plus de la moitié de la consommation totale d'électricité est imputable à ce secteur. Nonobstant cette constatation, la structure de consommation d'électricité du secteur tertiaire n'a pour l'heure guère été étudiée. Ceci est dû avant tout à son hétérogénéité (bureaux, restaurants, hôpitaux, cinémas/théâtres, écoles, stations-service et autres) et aux modes d'exploitation et équipements divers. Il est par conséquent difficile de modéliser ce secteur. Celui-ci doit donc être étudié de manière plus exhaustive et plus détaillée, c'est-à-dire aussi en tenant compte des paramètres (nombre de postes de travail, par exemple) qui influencent la consommation.

A la demande de l'OFEN et de l'UCS, une étude a été réalisée entre 1991 et 1993 par le groupe de recherche «analyses énergétiques» de l'Institut pour le transport d'énergie électrique et la technologie haute tension de l'EPF de Zurich, étude qui a porté sur les possibilités de combler ces lacunes et d'indiquer des moyens permettant de mieux modéliser le secteur tertiaire.