

# Die Temperaturverhältnisse in der Schweiz

Autor(en): **Schüepp, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes  
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **54 (1963)**

Heft 13

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916496>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Schwach- und Starkstromtechnik angemessen vertreten sein. Sie ist begutachtendes Organ des Bundesrates in allen Fragen der zu erlassenden Vorschriften für die Erstellung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen.

Als Prüfungs- und Kontrollorgan wirkt das Starkstrominspektorat des SEV. Seine Rechte und Pflichten als eidgenössische Amtsstelle sind in einem Vertrag zwischen dem Post- und Eisenbahn-Departement und dem SEV geregelt.

Über das umfangreiche Verfahren zur Erhältlichmachung der generellen Genehmigung für den Bau einer Hochspannungsleitung mit allen zu begrüssenden eidgenössischen und kantonalen Instanzen und über das Genehmigungsverfahren für die Detailpläne hat Vize-Direktor Niggli in der Diskussionsversammlung des SEV vom 9. April 1963 eingehend berichtet. Zur Erteilung der Baubewilligung auf dem beantragten oder modifizierten Trasse wird das Starkstrominspektorat durch die Eidg. Kommission für elektrische Anlagen ermächtigt.

Wenn man an die zunehmenden Schwierigkeiten aller Art denkt, die der Erstellung der rund 2000 km Leitungslänge des schweizerischen Höchstspannungsnetzes entgegenstanden und entgegenstehen, wird uns bewusst, welche Arbeit die behandelnden Instanzen, vor allem das Starkstrominspektorat, zu bewältigen hatten und haben, bis die letzten Widerstände überwunden sind und bis jeweils das grüne Licht für den Bau gegeben werden kann.

Das Verfahren zur Erhältlichmachung der Baubewilligung für eine neue Anlage erscheint, besonders wenn noch Ex-

propriationen durchgeführt werden müssen, kompliziert und besonders der Elektrizitätsunternehmung, die ihre Versorgungspflicht zu erfüllen hat, zeitraubend und lang. Es sind aber die öffentlichen Interessen, die Achtung vor dem Privateigentum, vor unseren demokratischen Einrichtungen sowie vor den schutzwürdigen Naturschönheiten und historischen Stätten, welche das Verfahren festlegen.

Hoffen wir, dass Konzeption, gedanklicher Aufwand und Mühewaltung aller Kraftwerkgesellschaften und verantwortlichen Stellen zu einem einheitlichen Höchstspannungsnetz führen werden, welches bei minimaler Geländebelegung nur einen Sinn und Zweck hat, als Ganzes der schweizerischen Volkswirtschaft und damit unserem Land zu dienen.

#### Literatur

- [1] Hunziker, G.: Vereinheitlichung der Höchstspannungen und der Erdungssysteme in der Schweiz. Bull. SEV 42(1951)13, S. 461...466.
- [2] Hunziker, G.: Wirtschaftliche Probleme und schweizerischer Ausblick der 380-kV-Übertragung. Bull. SEV 44(1953)4, S. 125...128.
- [3] Eidg. Amt für Energiewirtschaft, Bern: Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie im hydrographischen Jahr 1961/62. Bull. SEV 54(1963)7, S. 253...269.
- [4] Aemmer, F.: Betriebsprobleme von Höchstspannungsleitungen. Bull. SEV 54(1963)12.
- [5] Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über elektrische Anlagen. 6. Aufl. (Stand am 1. Oktober 1961). Hg. v. Eidg. Amt für Energiewirtschaft. Bern: Drucksachenbüro der schweiz. Bundeskanzlei 1961.

#### Adresse des Autors:

Dr. G. Hunziker, Direktor der Motor-Columbus AG, Baden (AG).

## Die Temperaturverhältnisse in der Schweiz

Von M. Schüepp, Zürich

551.524 (494)

*Bei der Ausarbeitung von Vorschriften, Regeln oder Leitsätzen für elektrisches Installationsmaterial und Apparate stellt sich oft die Frage, für welche Temperatureinflüsse ein bestimmtes Installationsmaterial oder ein Apparat zu bemessen oder zu prüfen ist. Der folgende Artikel berichtet über diese Temperatureinflüsse in der Schweiz. Wir hoffen, dass damit verschiedene Fragen besser abgeklärt werden können, und dass die Darlegungen auch unsere Leser, die sich nicht mit Normungsarbeiten befassen, interessieren werden.*

*Die Redaktion*

Im Gebirgsland Schweiz braucht es keine langen Erklärungen, dass die Temperaturverhältnisse sowohl in der Vertikalen, als auch in der Horizontalen oft auf verhältnismässig geringe Distanzen sehr verschieden sein können, finden sich doch in der täglichen Anschauung genügend Beispiele. Besonders krass sind die Unterschiede bei Föhnlage. Am 3. Januar 1963 verzeichnete z. B. Altdorf morgens eine Temperatur von +16 °C, Luzern dagegen eine solche von -1 °C in nur 32 km Distanz und beinahe gleicher Meereshöhe. In der Vertikalen sind die Unterschiede räumlich noch näher gerückt, z. B. an der Obergrenze von Nebelmeeren. Am 8. Dezember 1962 wurden in Einsiedeln -8 °C, auf dem 800 m höher gelegenen Rigi-Kulm +3 °C gemessen. Immerhin sind solche abnorme Fälle ziemlich selten, und so sollen in der folgenden Übersicht zunächst die normalen Verhältnisse betrachtet werden, wie sie sich aus den langjährigen Messungen im Durchschnitt ergeben.

### 1. Die Temperaturabnahme mit der Höhe

Vor allem im Winterhalbjahr, bei Hochnebellagen, kommt es vor, dass die Temperatur in der Höhe höher ist als in den

Niederungen. Der Meteorologe spricht in diesen Fällen von einer sog. Inversion. Die untere Grenze der Temperaturzunahme ist bei diesen Wetterlagen oft durch ein Nebelmeer gekennzeichnet. Temperaturzunahmen nach oben von 5...10 °C sind in diesen Lagen nicht selten, ja sie erreichen sogar manchmal ungefähr 15 °C. Inversionen bilden jedoch Ausnahmefälle. Immerhin wird durch sie die normale Temperaturabnahme mit der Höhe, wie man sie im Durchschnitt in allen Jahreszeiten findet, im Winter etwas herabgesetzt. Die durchschnittliche Abnahme beträgt dann etwa 0,4...0,5 °C pro 100 m Höhendifferenz. Im Gesamtjahresdurchschnitt kann man etwa mit 0,55 °C pro 100 m rechnen. Am stärksten nimmt die Temperatur im Sommer und im Frühjahr in der Höhe ab. Dann sind 0,6...0,65 °C pro 100 m die Regel. Im Gegensatz zu den Inversionen stehen die Tage mit starker Temperaturabnahme mit der Höhe. Die Verhältnisse sind dann jedoch nicht so auffallend wie bei den Hochnebellagen, da der Temperaturabnahme mit der Höhe Grenzen gesetzt sind. Man findet selten Werte, welche auf grössere Höhererstreckung 1,1...1,2 °C pro 100 m übersteigen. Wird die Luft in den unteren Schichten stärker überhitzt, so sinkt ihr spezifisches Gewicht so stark, dass ein Aufsteigen der

Luft erfolgt. Man kennt dieses Aufsteigen ebenfalls aus der täglichen Erfahrung, es macht sich in einem Flimmern über den heissen Strassen und Hausdächern bemerkbar. In grösserer Höhe zeigen sich die Auswirkungen in den sich bildenden Haufenwolken, welche man an den schönen warmen Sommernachmittagen besonders über dem Voralpengebiet aufsteigen sieht. Im Zwischenbereich zwischen Boden- und der Wolkenuntergrenze ist dann eine Temperaturabnahme von  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro 100 m vorhanden, ein Wert, der sich aus den Eigenschaften unserer Atmosphäre ergibt, sobald die Luft in auf- oder absteigender Bewegung begriffen ist und keine Wolkenbildung im betreffenden Raum auftritt. Absteigende Bewegung findet man beim Föhn. In den Föhntälern ist daher ebenfalls eine Temperaturabnahme in der Höhe von  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro 100 m, infolge der Sonneneinstrahlung sogar meist noch etwas mehr, vorhanden.

Wenn man somit die Temperatur eines bestimmten Ortes kennt, kann man mit Hilfe der angegebenen Durchschnittswerte oder, wenn deren Genauigkeit nicht ausreicht, auf Grund einer besseren Annäherung unter Berücksichtigung der herrschenden Wetterlage die Temperatur in anderen Meereshöhen ermitteln. Es wurden bereits die Lagen erwähnt, in welchen starke Temperaturabnahme mit der Höhe zu erwarten ist. Geringe Abnahme, oder sogar die Bildung von Inversionen findet man in der kalten Jahreszeit vor allem in den abgeschlossenen Talkesseln und den flachen Talböden, besonders über einer Schneedecke. Kalte Luft fliesst von den Berghängen in die Niederungen hinunter und sammelt sich dort zu eigentlichen Kaltluftseen. Diesem Umstand verdankt z. B. Andermatt seine tiefe Temperatur. Man findet dort ein Januarmittel von  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , während in dem in geringer Entfernung und in ähnlicher Meereshöhe, aber am Abhang gelegenen Platta im Medels ein Mittel von nur  $-3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  auftritt. Noch krasser sind die Verhältnisse, wenn man einen freigelegenen Gipfel mit einem Talboden im Innern der Alpen vergleicht. Auf Rigi-Kulm liegt das Januarmittel bei  $-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , in Bever in ähnlicher Meereshöhe bei  $-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Das noch etwas höher gelegene St. Moritz, das auf Grund der allgemein zu erwartenden Temperaturabnahme mit der Höhe eine tiefere Temperatur als Bever aufweisen sollte, hat dagegen nur ein Januarmittel von  $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , da es am Hang etwas oberhalb der Talsohle liegt und daher nicht mehr so stark von den Inversionen beeinflusst ist.

Inversionen bilden sich durch die Ausstrahlung des Erdbodens, bzw. der Schneedecke gegen den Weltraum im Verlauf der Nächte, wenn die Gegenwirkung der Sonne fehlt. Sie finden sich daher vorwiegend bei heiterem oder leicht bewölktem Himmel. Sie treten auch in den Sommermonaten auf, sind dann jedoch weniger stark und auf die späten Nacht- und frühen Morgenstunden beschränkt. Grössere Wasserflächen, welche die hohen Temperaturen der Sommer- und Wintermonate speichern, wirken der Inversionsbildung entgegen. Daher ist z. B. das Zürichseeal im Winter wärmer als das parallel verlaufende Glattal, in welchem in Kloten ein Januarmittel von  $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  erreicht wird, während Wädenswil mit  $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Horgen mit  $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  wärmer sind. Die Stadt Zürich weist sogar nur ein Mittel von  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf weil das Stadtgebiet allgemein eine Temperaturerhöhung gegenüber der freien Landschaft bringt. Diese Erhöhung ist im allgemeinen von der Grössenordnung von  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Grad.

Der erwähnte Unterschied im Beispiel zwischen Glattal und Limmattal ist nicht so bedeutend wie in grösserer Meereshöhe, wo Schneedecken häufiger auftreten. Neben dem bereits erwähnten Beispiel im flachen Talboden des Oberengadins finden sich vor allem in den Juratälern ausgesprochene Kaltluftseen. Bekannt ist das Beispiel von La Brévine, das ja oft das schweizerische Sibirien genannt wird, jedoch nicht allein dasteht, da auch andere hochgelegene Juramulden ähnliche Temperaturverhältnisse zeigen, z. B. das Vallée de Joux. La Brévine weist ein Januarmittel von  $-4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf, der in ähnlicher Meereshöhe gelegene Chaumont ein solches von etwa  $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Man sieht aus diesen Werten, wenn sie z. B. mit Andermatt verglichen werden, dass es sich nicht um extrem niedrige Mittelwerte handelt, dass es also neben einzelnen Lagen mit ausgesprochenen Kaltluftseen auch sehr viele Tage gibt, in welchen die Juratäler keine besonders tiefen Temperaturen aufweisen. Nördlich der Alpen treten immer wieder Westwindlagen auf, in welchen die Kaltluftschichten in den Tälern von warmen atlantischen Luftmassen hinweggefegt werden. In den innern Alpentälern ist es dem Wind weniger leicht möglich, die Kaltluft aus den Tälern auszuräumen. Da muss schon der Föhn zu Hilfe kommen, welcher das Gebirge quer überweht.

Aus diesen Beispielen sieht man, wie vielgestaltig die Verhältnisse in der Schweiz sind, sobald man sich auf die bodennahen Luftschichten beschränkt. Grössere Einheitlichkeit wird in der freien Atmosphäre erreicht, wo der normale Temperaturgradient, wie man ihn im Frühjahr und im Sommer beobachtet, die Regel bildet. International wird daher für die freie Atmosphäre allgemein eine Temperaturabnahme von  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro 100 m angenommen. Dieser Mittelwert für die ganze Erde gilt auch in unserem Gebiet, sobald man sich im ungestörten Raum etwa 500...1000 m oberhalb der Erdoberfläche befindet.

Es ist bereits bei der Besprechung der Höhenabhängigkeit der Temperatur auf die lokalen Besonderheiten einzelner Gebiete hingewiesen worden. Im zweiten Abschnitt seien nun die grossräumigen regionalen Unterschiede zwischen den verschiedenen Landesteilen näher betrachtet.

## 2. Die regionalen Temperaturunterschiede

Es wurde bereits festgestellt, dass bei Föhnlagen auf geringe horizontale Entfernungen grosse Temperaturunterschiede auftreten können. Wenn man von diesen Ausnahmefällen absieht, muss man feststellen, dass die horizontalen Unterschiede im Verhältnis zu den vertikalen Differenzen sehr geringfügig sind und von den lokalen Besonderheiten oft überdeckt werden. Wohl ist es so, dass der Alpensüdfuss wärmer ist als die Alpennordseite und in dieser das Genferseegebiet wärmer als der Norden des Landes, doch sind diese Unterschiede nicht bedeutend und schon geringe Höhendifferenzen bewirken einen Ausgleich. So weisen z. B. Basel mit  $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Genf mit  $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  Jahresmittel ziemlich genau dieselbe Temperatur auf. Der Flughafen Genf-Cointrin mit  $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist dagegen wesentlich kälter, trotzdem er nicht höher liegt als das Stadtgebiet von Genf. Genf liegt etwa 120...150 m höher als Basel und der Temperaturunterschied von  $\frac{3}{4}\text{ }^{\circ}\text{C}$ , welcher dieser Höhendifferenz entspricht, ist von der gleichen Grössenordnung wie der Unterschied zwischen dem Juranordfuss und dem Genferseegebiet. Etwa gleich warm trotz höherer Lage ist es im Wallis, wo in Sion

am Südhang 10,2 °C erreicht werden (im Tal auf dem Gelände des Flugplatzes allerdings nur 9,1 °C).

Etwas tiefer gelegen sind die Niederungen des Alpensüdfusses. Dort werden daher in Lugano 11,5 °C, in der Gegend von Locarno und Bellinzona sogar gegen 12,0 °C erreicht. Lugano liegt in ähnlicher Meereshöhe wie Basel. Der Temperaturunterschied zwischen Nord- und Südseite der Alpen ist daher wenig grösser als 1,0 °C. Im Januar sinkt er sogar auf etwa 3/4 °C, steigt dagegen im Juli auf etwa 1 3/4 °C. Die angegebenen Unterschiede beziehen sich allerdings nur auf die Mittelwerte, nicht aber auf die Extremfälle, wo viel grössere Differenzen zwischen Nord- und Südseite der Alpen auftreten können, weil der Süden gegen die Kaltluft einbrüche durch den Alpenwall geschützt ist. Tiefstwerte von —20...—25 °C, wie man sie bei starken Kälteeinbrüchen, z. B. im Februar 1956, auf der Alpennordseite in den Niederungen feststellen konnte, kommen südlich der Alpen nicht vor. Dort liegen die tiefsten Werte bei —15 °C.

Umgekehrt sind die höchsten Werte nördlich und südlich der Alpen nicht wesentlich verschieden. Die höchsten Extremwerte liefert nicht etwa das Tessin, sondern Basel, wo das Thermometer in einzelnen Fällen bis gegen 39 °C steigt.

### 3. Der Jahresgang der Temperatur

Wie bereits erwähnt, traten im langjährigen Durchschnitt im Januar die tiefsten, im Juli die höchsten Temperaturen auf. Dazwischen findet man, wie es in der Fig. 1 an Hand von ausgewählten Stationen dargestellt ist, einen ziemlich gleichmässigen An- und Abstieg der Temperaturwerte. Wenn man nicht die einzelnen Monatsmittel, sondern die Werte für jeden Tag des Jahres aufträgt, verläuft die Kurve allerdings nicht mehr so gleichmässig, sondern weist viele Zacken auf. Dies kommt daher, dass die einzelnen Wetterlagen, welche z. B. Abkühlung oder Erwärmung bringen, nicht gleichmässig auf das ganze Jahr verteilt sind, sondern bestimmte Zeitabschnitte bevorzugen. Die sog. Eisheiligen um Mitte Mai finden sich allerdings in unserer Zeit nicht mehr in den Temperaturkurven. Wohl gibt es fast jedes Jahr einzelne Rückschläge, mit Frost bis in die Niederungen, wenigstens in den nördlichen Landesteilen, doch sind diese Abkühlungen nicht an ein bestimmtes Kalenderdatum gebunden, sondern treten im April und Mai unregelmässig auf. Dagegen war in diesem Jahrhundert, besonders in den ersten Jahrzehnten, eine Erwärmung zwischen Weihnachten und Neujahr sehr häufig, ferner ein Kälterückschlag um die Juni-mitte. Die vergangene Jahreswende hat wieder ein Muster dieser Art gegeben. Der Junikälterückfall markiert den Einbruch der sommerlichen westlichen Winde vom Ozean her in den überhitzten Kontinent. Starke vertikale Umlagerungen der Luftmassen und infolge der grossen Feuchtigkeit starke Wolkenbildung geben im Sommer Anlass zu Gewittern. Die damit verbundene Abkühlung lässt die Temperaturkurve vom Juni an etwas weniger steil bis zum Maximum ansteigen. Dieses wird normalerweise um den 20. Juli erreicht, worauf wieder der ziemlich gleichmässige Abfall bis zum Dezember einsetzt. Dann gibt es nur noch eine geringere Temperatursenkung bis zum Minimum um den 20. Januar. Die Nullgradgrenze hat sich dann nördlich der Alpen bis auf etwa 400...500 m Höhe gesenkt. Im Hochsommer liegt sie beinahe 3000 m höher. Fig. 2 gibt einen Überblick über ihre Höhenlage in den verschiedenen Jah-

reszeiten über Payerne. Sie hat besonders grosse Bedeutung, weil sich die gefährlichen Vereisungserscheinungen bei Temperaturen wenig unter 0 °C einzustellen pflegen. Wenn die bodennahen Luftschichten etwas unter 0 °C abgekühlt sind, in der Höhe jedoch eine wärmere Schicht mit Temperaturen über dem Gefrierpunkt darüber hinweggleitet und zugleich Niederschlag fällt, so gefriert der Regen in der unteren Kaltluftschicht an den Gegenständen fest. Er bildet einen Eisüberzug und vergrössert den Querschnitt von Drähten, sowie deren Gewicht, in erheblichem Masse. Meist kann die Warmluft die Kaltluftschicht in einigen Stunden verdrängen, so dass sich keine bedeutenden Eismassen bilden können. Leistet die Kaltluft jedoch Widerstand und lässt sich nicht weg-schieben, können sehr grosse Eisschichten entstehen. Das war z. B. am 26. Dezember 1961 in der Gegend von Basel der Fall. Damals bildete sich eine ca. 2 cm dicke Eisschicht, welche sich mehrere Tage lang halten konnte. Viel häufiger als im Flachland sind diese Vereisungserscheinungen im Gebirge, wo die Wolken häufig unterkühlte Regentröpfchen mit sich führen, welche beim Auftreffen an die Gegenstände gefrieren. Warmlufteinbrüche vom Atlantik her lassen im Winter die Temperaturen häufig bis auf 1500...2000 m, in vereinzelt Fällen sogar bis gegen 2500 m hinauf bis gegen 0 °C ansteigen. Da in diesen Höhen zugleich starke Winde vorhanden sind, ist der Eisansatz in diesen Höhen besonders gross. Im Sommer verschiebt sich diese Zone in die höheren, unbewohnten Regionen, zudem sind die Windgeschwindigkeiten im allgemeinen geringer, da sich im Polarsommer die Temperaturgegensätze gegenüber den Tropen und Subtropen verringern. Diese Temperaturgegensätze sind die Ursache für das Auftreten der starken Stürme, welche sich im Alpengebiet in der kalten Jahreszeit gelegentlich einstellen. Während im Flachland sogar die Spitzenwerte der Windgeschwindigkeit kaum 150 km/h übersteigen, werden in bestimmten Gebieten z. B. auf dem Jungfraujoch, wo die Strömung zwischen beiden Berggipfeln verstärkt wird, sogar

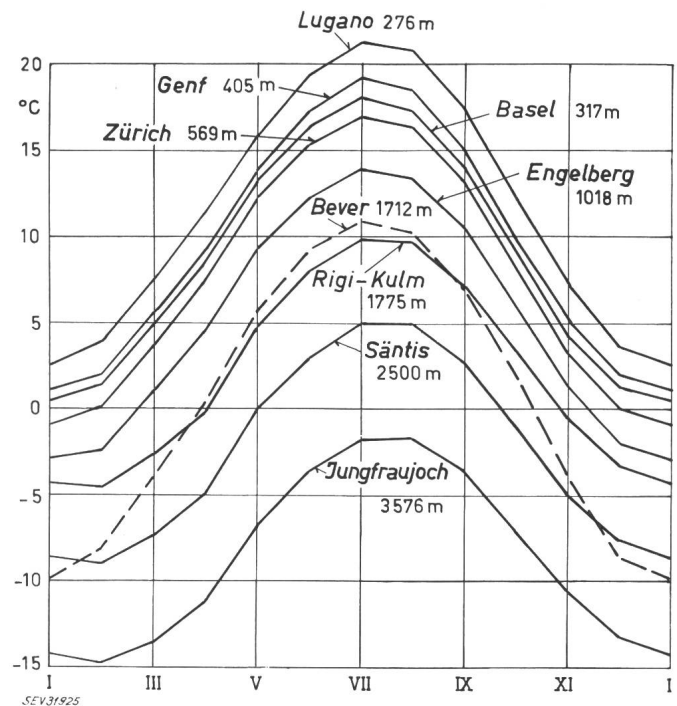


Fig. 1  
Jahresgang der Temperatur  
Periode 1901...1940



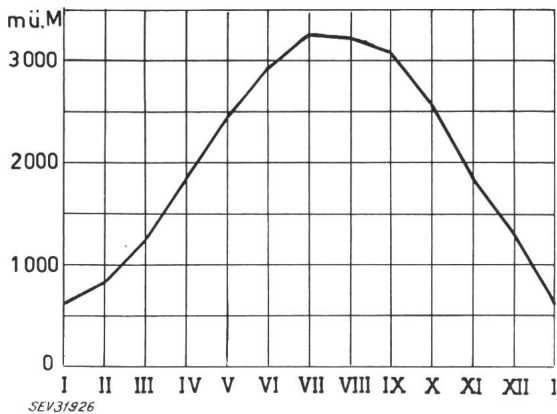


Fig. 2  
Nullgradgrenze in der freien Atmosphäre über Payerne  
(1948...1954)

Durchschnittsgeschwindigkeiten von 180...200 km/h erreicht.

Der ruhige Verlauf der Kurven in der Fig. 1 darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass im Einzeljahr die Verhältnisse sehr viel unruhiger sind und Abkühlungen und Erwärmungen einander in buntem Wechsel ablösen. Besonders zur Zeit des kräftigen Temperaturanstiegs im Frühjahr und des Temperaturfalls im Herbst, speziell im Spätherbst, ist der Föhn ein häufiger Gast in den Alpen. Er bringt in den Föhntälern hohe Temperaturen, auf der Alpensüdseite grosse Niederschlagsmengen, während sein Gegenspieler, der Nordföhn, durch den Einbruch kühler Luftmassen vom nördlichen Atlantik her erzeugt wird. Beim Wechsel von der einen zur andern Wetterlage können sehr starke Temperatursprünge auftreten, wie sie z. B. im Dezember 1962 nach den grossen Schneefällen vor Weihnachten erfolgten.

Am kältesten sind die Luftmassen, welche von Nordosten im Winter herangeführt werden, wie es zu Beginn des Jahres 1929, im Februar 1956 und wieder in der jüngsten Vergangenheit der Fall war. Da die Kaltluft spezifisch schwer ist, strömt sie ähnlich wie ein Fluss in den Niederungen, so dass die tiefsten Werte vor allem in Muldenlagen auftreten, wo sich ein «Kaltluftsee» bildet. So wurden z. B. während der Kälteperiode zu Beginn des Jahres 1963 in La Brévine am 14. Januar  $-39^{\circ}\text{C}$  erreicht. Auf dem Jungfraujoch betrug der bisher tiefste gemessene Wert  $-36,9^{\circ}\text{C}$  am 14. Februar 1940. Man sieht daraus, dass in den Fällen von Bisenlagen im Winter die extremsten Verhältnisse nicht nur auf den Berggipfeln, sondern auch in den Tälern auftreten können. Dagegen sind die Änderungen von Tag zu Tag im Winter in den höheren Lagen im Durchschnitt grösser, als in der Tiefe. So schwankte die Temperatur in der Vorweihnachtszeit 1962 vom 10. bis zum 21. Dezember z. B. auf dem Jungfraujoch zwischen  $-10$  und  $-23^{\circ}\text{C}$ , in Zürich dagegen nur zwischen  $+7$  und  $-1^{\circ}\text{C}$ . Kräftige hochreichende Kälteeinbrüche wie derjenige vom 21. zum 23. Dezember bringen allerdings sowohl in den Niederungen als auch in der Höhe bedeutende rasche Änderungen, in jenem Falle in Zürich  $13,8^{\circ}\text{C}$  Abkühlung innert zwei Tagen.

Das Gegenstück zu den winterlichen Kälteeinbrüchen bilden die sommerlichen Hitzeperioden, die sich besonders in den flachen, längere Zeit über Mitteleuropa lagernden Hochdruckgebieten einzustellen pflegen. Die höchsten Temperaturen werden nicht, wie wir es nach Fig. 1 erwarten könnten, am Alpensüdfuss erreicht, sondern im Gebiet von Basel. Dort stieg das Thermometer am 29. Juli 1947 auf beinahe

$39^{\circ}\text{C}$ , während in Lugano der bisher höchste Wert nur  $38^{\circ}\text{C}$  betrug. In Genf wurden im Juli 1947 ebenfalls  $36^{\circ}\text{C}$  registriert, in Bern  $35^{\circ}\text{C}$  und in Zürich  $38^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. Der Tagesgang der Temperatur

Aus Fig. 1 können für die verschiedenen Höhenlagen die durchschnittlichen Tagesmittel der Temperatur entnommen werden. Nun stellt sich die Frage, wie stark die Werte in den einzelnen Tagesstunden von diesem Mittel abweichen. Die tiefste Temperatur pflegt sich im allgemeinen zur Zeit des Sonnenaufgangs einzustellen, der höchste Wert zwischen 14 und 15 h. Die sog. periodische Schwankung, d. h. die Differenz zwischen durchschnittlichem Minimum und Maximum, ist am grössten im Sommer, wo sie in den Niederungen ungefähr 8...10, in den Alpentälern sogar  $11^{\circ}\text{C}$  erreicht (auf dem Säntis dagegen nur etwa  $3^{\circ}\text{C}$ ). Im Winter sinkt sie auch im Tal auf ca.  $3^{\circ}\text{C}$ , in Säntishöhe auf  $1^{\circ}\text{C}$  (Fig. 3). Bei wolkenlosem Himmel ist der Temperaturgang wesentlich grösser als bei bedecktem Wetter. Er steigt dann auf ungefähr den 1,4fachen Betrag der angegebenen Durchschnittswerte.

Wie beim Jahresgang findet man bedeutende Unterschiede zwischen Mulden und freien Lagen. Besonders über Schneedecken erfolgt eine kräftige Verstärkung des Tagesganges in den Tallagen. Andererseits wird an wenig bewachsenen Südhängen der Tagesgang im Sommer bei geringer Be-

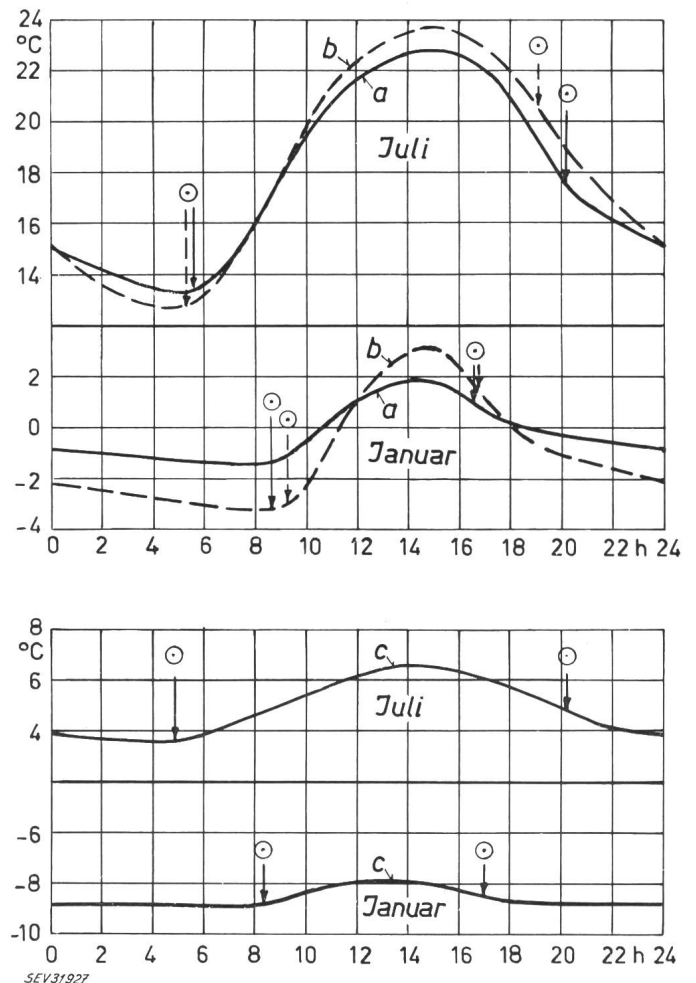


Fig. 3  
Tagesgang der Temperatur  
a Zürich (MZA) 1901...1930; b Sion, Flugplatz 1954...1960  
c Säntis, 1901...1930  
☉ Sonnenaufgang bzw. Untergang

wölkung durch die kräftige mittägliche Sonnenstrahlung vergrößert. Die Erhitzung ist jedoch weniger bedeutend als die Abkühlung über den winterlichen Schneedecken, weil die warme Luft an den Hängen nicht liegen bleibt, sondern infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes in die Höhe steigt, mit dem den Berggängern bekannten, tagsüber einsetzenden Hangaufwind. In der Folge entstehen über den Bergkämmen die sommerlichen Haufenwolken, welche ihrerseits gegen Abend die Sonne oft abschirmen und die weitere Erhitzung stoppen. Daher findet man auch an den Südhängen gegenüber den Stationen in der Ebene keine Erhöhung, sondern eine Abschwächung des Tagesganges, sowie eine im allgemeinen gegenüber den Tälern etwas höhere Durchschnittstemperatur, etwa in der Größenordnung von  $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$  im Jahresdurchschnitt, während die Kältemulden umgekehrt bis zu  $1^{\circ}\text{C}$  tiefere Mittelwerte aufweisen. Die allgemeinen grossräumigen Gesetzmässigkeiten, speziell die Temperaturabnahme mit der Höhe, bleiben somit erhalten, werden aber in unserem vielgestalteten Gelände lokal abgewandelt, was sich nicht nur in den Wetterelementen, sondern auch in der so abwechslungsreichen Vegetation unseres Gebietes zeigt.

Die Waldgrenze z. B. folgt ungefähr der  $10^{\circ}$ -Temperaturgrenze des Julimonats. Da sie nördlich der Alpen in 1600...1800 m, im Inneren aber in 2000...2300 m Höhe liegt, sieht man daraus die Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen, zu denen sich die lokalen Besonderheiten gesellen, welche in diesem Überblick in groben Zügen skizziert wurden.

#### Literatur

- [1] *M. Schüepp*: Klimatologie der Schweiz, Abschnitt C, Teil 1 und 2: Lufttemperatur, Beiheft zu den Annalen der Meteorologischen Zentralanstalt 1959 und 1960. Der erste Teil enthält die Durchschnittswerte der Monats-Jahreszeiten- und Jahresmittel der Temperatur sämtlicher meteorologischer Stationen der Schweiz. Der zweite Teil gibt für eine Auswahl von 41 Stationen mit langen Reihen die einzelnen Monats- und Jahresmittel (im allgemeinen für die Periode 1901—1960, einzelne Stationen weiter zurück, Basel und Genf bis zum Jahre 1755 bzw. 1753).
- [2] *M. Schüepp*: Die Häufigkeitsverteilung der Zürcher Temperatur-Tagesmittel im Zeitraum 1901—1940. Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Jahrgang 1952, Anhang.
- [3] *A. Güller*: Die Nullgradgrenze als klimatologischer Wert. «Leben und Umwelt», Februar 1956.

Adresse des Autors:

Dr. M. Schüepp, Balberstrasse 20, Zürich 2/38.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Die Grenzen der Anwendung von Gleichstrom für Höchstspannungsleitungen

621.315.081.2.024

[Nach D. M. MacGregor: Economic and operating suitability of direct current for EHV transmission. El. Engineering, 82(1963)3, S. 182...189]

Eine Aufstellung über die gegenwärtige Entwicklung und den zukünftigen Bedarf an Übertragungsleitungen zeigt, dass die meisten Leitungen für Leistungen von 500 MW oder mehr bemessen sein werden. Davon werden einige Leitungen sehr lang sein, aber der grösste Teil wird bezüglich der Länge mit den gegenwärtig verwendeten vergleichbar sein. Die benützte Spannung wird im Bereich der Höchstspannungen bei 345 kV und höher liegen. Es kommen nach heutiger Auffassung dafür Wechselspannungen

von 345, 500 und 700 kV in Frage sowie die Gleichspannungen von 250, 350 und 500 kV. Für einen allgemeinen Kostenvergleich von Gleich- und Wechselstrom eignen sich die relativ kurzen Kabel zu Lande oder zu Wasser nicht, da sich hier immer besondere Bedingungen stellen, die von Fall zu Fall untersucht werden müssen.

Das asynchrone Verhalten einer relativ schwachen Gleichstromverbindung zwischen zwei starken Wechselstromnetzen bietet manchen bekannten Vorteile. Wenn aber der viel häufigere Fall auftritt, dass leistungsstarke Leitungen zwischen mehreren grossen Netzen gebaut werden sollen, ergibt sich, dass diese Verbindungen noch andere Aufgaben haben als nur die Übertragung genau programmierter Leistungen. Normalerweise sind die Last-

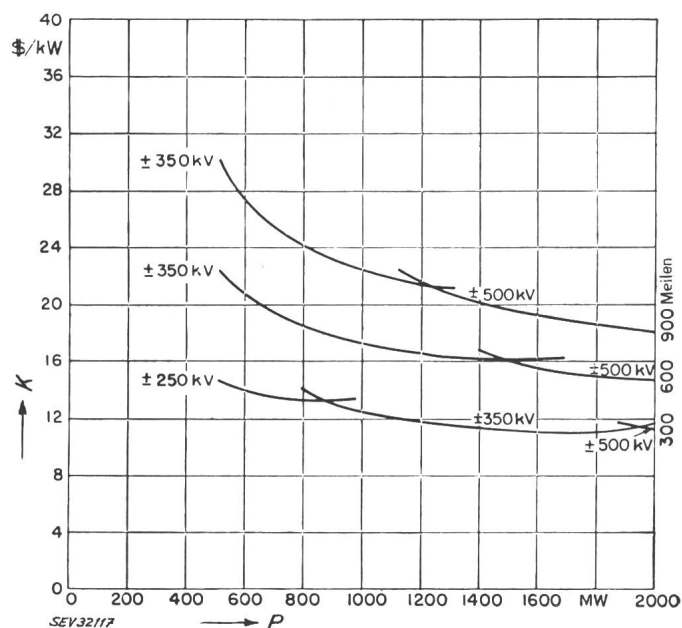


Fig. 1

Jahreskosten für Gleichstromübertragung

K Jahreskosten pro kW in Dollar; P Übertragungsleistung in MW

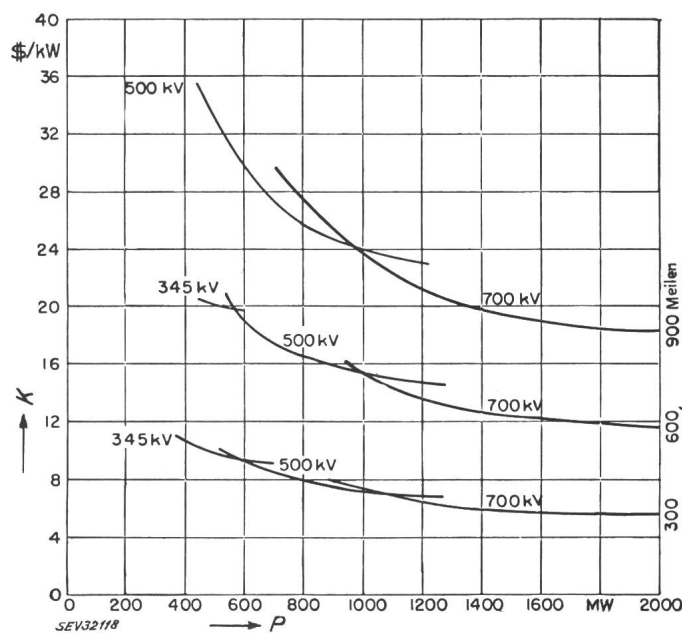


Fig. 2

Jahreskosten für Wechselstromübertragung

K Jahreskosten pro kW in Dollar; P Übertragungsleistung in MW