

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 66 (1988)

Heft: 1

Artikel: Untersuchung über mögliche Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Wellen auf den Wald = Examen des influences possibles des ondes électromagnétiques à haute fréquence sur la forêt

Autor: Joos, Katrin / Masumy, Said / Schweingruber, Fritz H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876228>

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: 13.03.2026

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

Untersuchung über mögliche Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Wellen auf den Wald*

Examen des influences possibles des ondes électromagnétiques à haute fréquence sur la forêt

Katrin JOOS, Basel, Said MASUMY, Fritz H. SCHWEINGRUBER, Birmensdorf, und Christian STAEGGER, Bern

Zusammenfassung. *Elektromagnetische Felder (EM-Felder), hervorgerufen durch Funkdienste aller Art, werden seit einiger Zeit in den Medien als mitverantwortlich am Waldsterben genannt. Die PTT-Betriebe haben deshalb in ausgedehnten Waldgebieten südlich des Senders St. Chrischona (Basel) Feldmessungen durchgeführt, um allfällige Zusammenhänge zwischen EM-Feldern und Waldschadenausmass zu untersuchen. Da wegen der Vielfalt der möglichen Einflüsse in dieser ersten Versuchsreihe nur generelle Aussagen möglich waren, wurden im Umkreis von 1 km...10 km nordöstlich des UKW- und Fernsehensender Bantiger an drei ökologisch ver-*

gleichbaren Doppelstandorten mit normalen und geringen Feldstärken weitere Waldschadenerhebungen an Fichten, Tannen, Föhren und Buchen durchgeführt. Analysen der Belaubungs- und Benadelungsdichten an 800 Bäumen und Zuwachsuntersuchungen an Jahrringabfolgen an 232 Bäumen haben folgendes ergeben:

1. Es ist keine schädigende Wirkung elektromagnetischer Wellen auf die Belaubungsdichte der Buchen, die Benadelungsdichte der Fichten, Tannen und Föhren und auf das Radialwachstum aller vier Baumarten festzustellen. Bäume an Standorten mit geringer Feldstärke unterscheiden sich weder im Kronen-

aspekt noch im Zuwachsverhalten von solchen an Standorten normaler Feldstärke. Zuwachseinbrüche in Jahrringfolgen korrelieren weder direkt noch mit einem Zeitverzug mit Erhöhungen der Sendeleistungen.

2. Die Schadenklassifikation der Baumkronen und der Jahrringabfolgen liefern unterschiedliche Ergebnisse: Aufgrund der Infrarotluftbildanalyse sind Tannen stärker geschädigt als Fichten, Föhren und Buchen. Jahrringanalysen jedoch besagen, dass Föhren einen geringen, Tannen und Fichten einen mittleren und Buchen einen hohen Zuwachs aufweisen. Seit 1981 sind praktisch keine Zuwachseinbrüche mehr aufgetreten.

Résumé. *Depuis un certain temps, les médias prétendent que les champs électromagnétiques (champs EM) générés par les installations de radiocommunication de toute nature sont eux aussi responsables du dépérissement des forêts. Pour cette raison, l'Entreprise des PTT a effectué des mesures de champs dans de vastes surfaces forestières au sud de l'émetteur de St-Chrischona (Bâle) pour déterminer si un éventuel rapport pouvait être établi entre les champs électromagnétiques et l'étendue des dégâts aux forêts. Etant donné que la première série d'essais ne pouvait fournir que des renseignements de portée très générale, en raison de la multiplicité des influences possibles, d'autres inventaires des dégâts ont été réalisés à trois emplacements doubles écologiquement comparables avec des intensités de*

champ normales et faibles, dans un périmètre de 1 km...10 km au nord-est de l'émetteur OUC et TV du Bantiger, et ce sur des épicéas, des sapins, des pins sylvestres et des hêtres. Des analyses de la densité du feuillage et des aiguilles faites sur 800 arbres ainsi que des examens de croissance en fonction des cernes annuels sur 232 arbres ont donné les résultats suivants:

1. On ne constate aucun effet nuisible des ondes électromagnétiques sur la densité du feuillage des hêtres, la densité des aiguilles des épicéas, des sapins et des pins sylvestres ainsi que sur la croissance radiale des quatre essences. Les arbres situés à des emplacements exposés à un champ faible ne différaient pas, ni par l'aspect de leur couronne, ni par leur croissance particulière, de ceux situés à des endroits exposés à un

champ normal. Une diminution de la croissance des cernes annuels est sans corrélation directe ou différée avec une augmentation de la puissance d'émission.

2. La classification des dégâts, qui se manifeste par un rétrécissement aux cimes des arbres, et l'examen de la succession des cernes annuels ont donné des résultats différents: l'analyse par prises de vue à l'infrarouge a montré que les sapins sont plus fortement endommagés que les épicéas, les pins sylvestres et les hêtres. L'analyse des cernes annuels indique cependant que les pins sylvestres ont une croissance faible, les sapins et les épicéas une croissance moyenne et les hêtres une croissance forte. Depuis 1981, on n'a pratiquement plus observé de diminutions de la croissance.

1 Einleitung

Im Zusammenhang mit dem Waldsterben werden neben dem vermuteten Hauptgrund Luftverschmutzung weitere Faktoren, wie ionisierende Strahlung, Ozonerzeugung durch Hochspannungsleitungen und elektromagnetische Felder (EM-Felder) in Betracht gezogen. Künstliche EM-Felder in der Atmosphäre werden vor allem durch Radar, Fernsehen, Rundfunk sowie Richtfunk erzeugt. Da die leistungsstärksten Fernsehsender in den schweizerischen Versorgungsgebieten bei Frequenzen von etwa 80 MHz...900 MHz in den Nahgebieten der Sendeantennen Feldstärken bzw. Leistungsdichten von etwa 10^{-5} Milliwatt je Quadratcentimeter (mW/cm^2) oder weniger verursachen, müssten allfällige Schadenwirkungen in betroffenen Waldgebieten im sogenannt *nichtthermischen Bereich* liegen.

* Kurzfassung des Untersuchungsberichts, der als Sonderdruck bei der Redaktion, 3030 Bern, bestellt werden kann.

1 Introduction

En rapport avec le dépérissement des forêts, on évoque à côté de la principale hypothèse, à savoir la pollution de l'air, d'autres facteurs tels que les rayons ionisants, la production d'ozone par les lignes à haute tension et les champs électromagnétiques (champs EM). Les champs électromagnétiques artificiels dans l'atmosphère sont surtout engendrés par les radars, la télévision, la radio-diffusion et les liaisons à faisceaux hertziens. Etant donné que les émetteurs de télévision les plus puissants des régions desservies en Suisse sur des fréquences allant de 80 MHz ... 900 MHz environ provoquent dans le champ proche des antennes d'émission des champs ou des densités de puissance d'environ 10^{-5} milliwatts par cm^2 (mW/cm^2) ou moins, d'éventuels dégâts dans le couvert forestier concerné devraient se situer dans le *domaine dit non thermique*.

Bis heute ist weder die international übliche *thermische Sicherheitsgrenze* von 1 mW/cm^2 zwingend festgelegt, noch liegen über *nichtthermische Wirkungen* wissenschaftlich exakt abgestützte Resultate vor. Deshalb haben sich die schweizerischen PTT-Betriebe entschlossen, mit Hilfe von anerkannten forstwissenschaftlichen Fachstellen (Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf ZH, und holzanalytisches Labor K. Joos, Basel) eigene Feldmessungen vorzunehmen, um allfällige kausale Zusammenhänge zwischen Schadenausmass und lokaler Feldstärke bzw. Leistungsdichte von EM-Feldern bei verschiedenen Frequenzen zu untersuchen.

Eine grossflächig angelegte Voruntersuchung im Kanton Baselland im Versorgungsbereich des Senders St. Chrischona, mit ausgeprägten Senderabschattungszonen im hügeligen Waldgebiet südlich des Senderstandortes, ermöglichte eine grobe Abschätzung der Korrelation zwischen Waldschadenausmass nach Sanasilva-Schadenkarten und EM-Feld-Leistungsdichten.

Obwohl *keine kausalen Zusammenhänge festgestellt werden konnten*, muss aus der überaus feinflächigen Variation der Waldschäden geschlossen werden, dass viele weitere Umfeldparameter das Schadenbild beeinflussen haben müssen, wie Standortverhältnisse bezüglich Lage, Bodenbeschaffenheit, Lokalklima, Bestandesverhältnisse bezüglich Baumarten, Baumalter, Bestockungsdichte, Wildbestand, Waldbewirtschaftung und Umwelteinflüsse bezüglich Industrie- und Verkehrsimmissionen, Walderschliessung usw.

2 Zweite verfeinerte EM-Felder-Waldschadenuntersuchung an ausgewählten Doppelstandorten im Umkreis des Senders Bantiger BE

Um eine feinere Beurteilung eines allfälligen Einflusses von EM-Feldern auf die Vitalität des Waldes zu ermöglichen, wird in der nachstehend beschriebenen Untersuchung angestrebt, die Feldstärken bzw. Leistungsdichten der EM-Felder als einzelne Einflussgrösse aus der Vielfalt von Umweltfaktoren abzugrenzen. Die Versuchsanordnung gründet auf speziell ausgewählten Probestellen. Diese sind durch möglichst homogene und einander ähnliche Standortbedingungen, jedoch durch genügend unterschiedliche Leistungsdichten der EM-Felder gekennzeichnet.

Im Umkreisbereich 1 km...10 km nördlich des UKW- und Fernsehsenders Bantiger wurden gemäss *Figur 1* drei pflanzensoziologisch und topographisch vergleichbare Doppelstandorte ausgewählt, die sich gemäss A- und B-Zonen im wesentlichen nur durch ihre lokale EM-Feld-Leistungsdichte unterscheiden. Die Probestellen B mit Direktsicht zum Sender weisen normale *Leistungsdichten* auf ($P \sim 3 \cdot 10^{-6} \text{ mW/cm}^2$). Die deutlich abgeschatteten Zonen A weisen infolge der ungefähr geradlinigen Ausbreitung der EM-Wellen im UKW- und Frequenzbereich durch Streu- und Reflexionsausbreitung *Restleistungsdichten* auf, die ungefähr auf $1/100$ bis $1/1000$ der Direktsichtwerte der Standorte B abgesunken sind (im Mittel $P_{\text{Rest}} \sim 10^{-8} \text{ mW/cm}^2$) (*Tabelle I*).

Jusqu'ici, la *limite de sécurité thermique* usuelle de 1 mW/cm^2 n'est pas fixée de manière déterminante, et l'on ne dispose pas non plus de résultats scientifiques fondés et exacts sur les *influences non thermiques*. De ce fait, l'Entreprise des PTT suisses a décidé, avec le concours de spécialistes en matière de sylviculture (Institut fédéral de recherches forestières de Birmensdorf ZH et laboratoire d'analyse du bois K. Joos, Bâle) de procéder à un certain nombre de mesures de champ pour déceler une éventuelle relation causale entre l'étendue des dégâts et la puissance locale du champ des émetteurs, c'est-à-dire la densité de puissance du champ électromagnétique à diverses fréquences.

Une analyse préalable portant sur un vaste site forestier du canton de Bâle-Campagne, dans la région desservie par l'émetteur de St-Chrischona, avec des zones d'ombre électromagnétiques prononcées dans un terrain arborisé vallonné, au sud de l'emplacement de l'émetteur, a permis une estimation sommaire de la corrélation entre l'étendue des dommages, selon la carte des dommages Sanasilva, et les densités de puissance de champs électromagnétiques.

Bien que l'on n'ait *pu constater aucune relation causale*, on doit déduire des variations étroitement circonscrites des dommages aux forêts que d'autres paramètres connexes ont pu influencer l'ensemble des dommages, par exemple les conditions d'exposition du site considéré, la constitution du sol, le climat local, la nature des essences, l'âge des arbres, la densité du couvert forestier, le gibier, la gestion des forêts ainsi que des influences de l'environnement (nuisances industrielles, immissions du trafic routier, desserte de la forêt, etc.).

2 Deuxième examen affiné des dommages aux forêts éventuellement imputables à des champs EM à des emplacements doubles choisis dans le périmètre de l'émetteur du Bantiger BE

Pour permettre une appréciation plus détaillée de la prétendue influence de champs électromagnétiques sur la vitalité de la forêt, on a tenté dans ce qui suit de délimiter les champs par rapport aux très nombreux autres facteurs d'environnement, à savoir les densités de puissance des champs électromagnétiques, en tant que grandeurs d'influence. L'essai se fonde sur des surfaces témoins spécialement choisies. Ces dernières se distinguent non seulement par une implantation aussi homogène que possible d'essences semblables, mais aussi par des densités de puissance des champs électromagnétiques suffisamment différenciés.

Dans un périmètre de 1 km ... 10 km au nord de l'émetteur OUC et TV du Bantiger, on a choisi, comme le montre la *figure 1*, trois emplacements doubles comparables dans l'optique de la sociologie des plantes et de la topographie, qui, selon les zones A et B, ne se distinguent pour l'essentiel que par la densité de puissance locale des champs électromagnétiques. Les surfaces témoins B, avec vue directe sur l'émetteur, présentent des *densités de puissance* normales ($P \sim 3 \cdot 10^{-6} \text{ mW/cm}^2$). Les zones d'ombre manifestes A dues à la propagation quasi linéaire des ondes électromagnétiques en OUC et

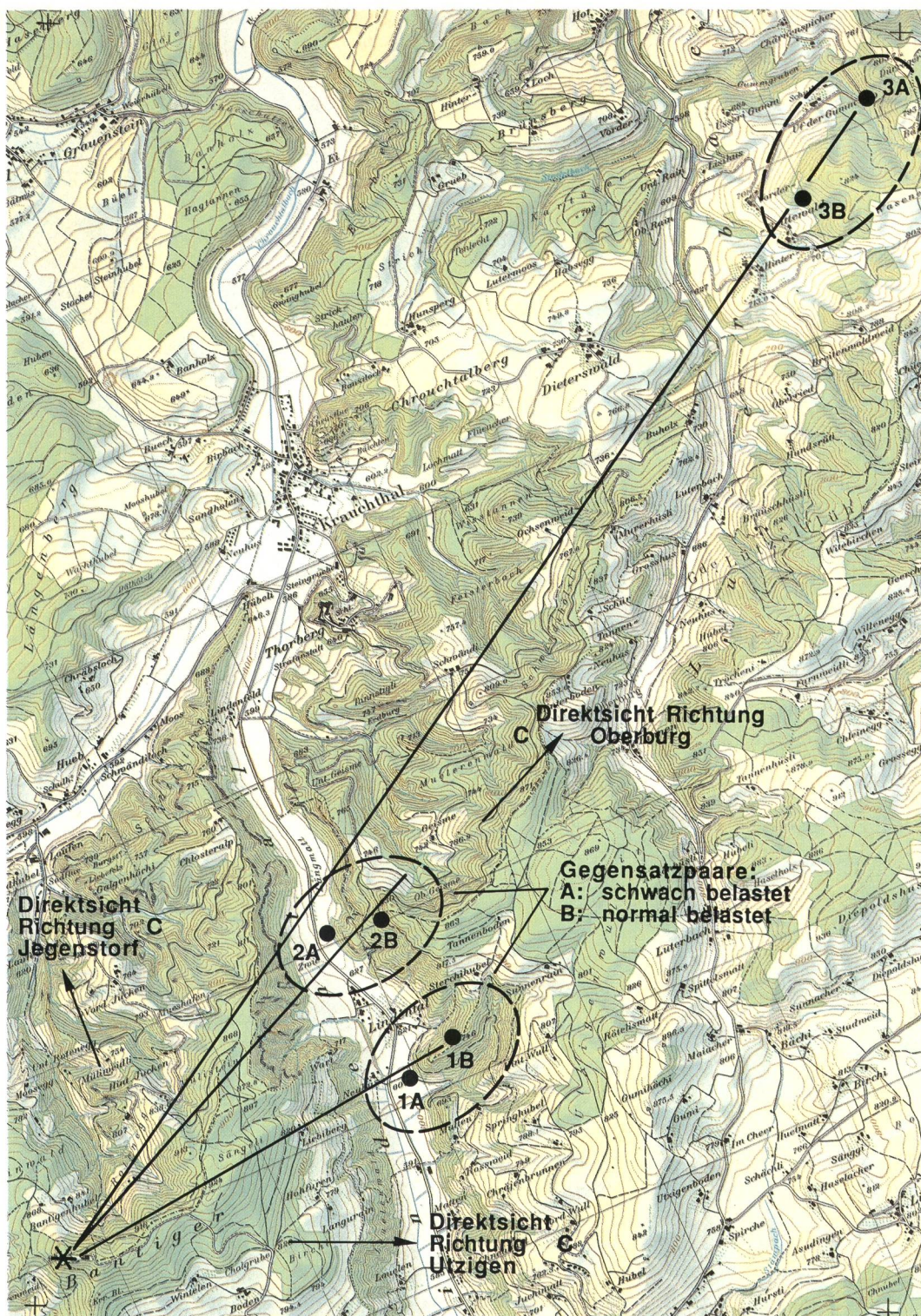


Fig. 1
 Kartenausschnitt mit Sender- und Probenstandorten, Legende über Feldstärken mit Kanalnummern (Tab. I)
 Extrait de carte montrant l'emplacement de l'émetteur et des plantations témoins ainsi que la légende des champs avec les numéros des canaux (tableau I)
 Direksicht Richtung Jegenstorf – Vue directe direction Jegenstorf
 Direksicht Richtung Oberburg – Vue directe direction Oberburg
 Direksicht Richtung Utzigen – Vue directe direction Utzigen
 Gegensatzpaare – Paires opposées
 A schwach belastet – A peu chargées
 B normal belastet – B normalement chargées

(Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 21.10.1987)
 (Reproduit avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie du 21.10.1987)

Der Zustand der Probenbäume der Flächen A und B wurde nun mit Hilfe von Jahrringanalysen und Infrarotluftbildern untersucht. Die Jahrringe geben Auskunft über das Zuwachsverhalten eines jeden Baumes während des ganzen Lebens.

en télévision, conservent des densités de puissance résiduelles s'élevant à peu près à 1/100...1/1000 des valeurs des emplacements B en visibilité directe (la moyenne étant $P_{\text{Rest}} \sim 10^{-8} \text{ mW/cm}^2$), et ce en raison des effets de dispersion et de réflexion (tableau I).

Tabelle I. Situation der Versuchsstandorte nördlich des Senders Bantiger, gemessene Feldstärken im Fernsehbereich (dominante Frequenzbänder)

Tableau I. Situation des emplacements d'essais au nord de l'émetteur du Bantiger, champs mesurés dans le domaine des fréquences de télévision (bandes de fréquences dominantes)

Standorte Emplacements A schwach belastet A peu chargée B normal belastet B normalement chargée C direkte Sicht C vue directe	Distanz zum Sender in km Distance de l'émetteur en km	Feldstärken in dB μ V/m Champs en dB μ V/m		Bemerkungen Remarques
		UHF Kanal/Canal 40 623,25 MHz	UHF Kanal/Canal 50 703,25 MHz	
1 A	2,2	72	68	Doppelstandort 1 im Wald 3 m über Boden Emplacement double 1 en forêt 3 m au-dessus du terrain
1 B	2,2	82	89	
2 A	2,5	69	72	Doppelstandort 2 Emplacement double 2
2 B	2,5	99	99	
3 A	7,5	74	64	Doppelstandort 3 Emplacement double 3
3 B	7,5	88	88	
C	8	98	103	Richtung Jegenstorf* Direction Jegenstorf*
C	3	105	105	Richtung Utzigen* Direction Utzigen*
C	2,5	104	104	Richtung Oberburg* Direction Oberburg*

* In überbautem Gelände Messungen durch Radiodienste PTT etwa 5 m über Boden

* Dans le bâtiment, mesures par les Services radio des PTT, environ 5 m au-dessus du sol

Die Informationen der Jahrringanalysen umfassen im vorliegenden Probengut den Zeitraum von durchschnittlich 100 Jahren und ermöglichen deshalb einen zeitlichen Vergleich mit der geschichtlichen Entwicklung des Senders Bantiger. Die Senderdaten sind aus *Figur 2* ersichtlich.

L'état des arbres témoins des surfaces A et B n'a été examiné qu'à l'aide de l'analyse des cernes annuels et des prises de vue aériennes à l'infrarouge.

Les cernes annuels renseignent sur la croissance de tout arbre pendant sa vie entière. Dans les échantillons prélevés, les informations fournies par l'analyse des cernes annuels portent sur une durée moyenne de cent ans et permettent de ce fait une comparaison dans le temps avec le développement historique de l'émetteur du Bantiger. Les données concernant cet émetteur ressortent de la *figure 2*.

En se fondant sur les prises de vue à l'infrarouge, on apprécie la densité du feuillage ou la densité des aiguilles des cimes des arbres (*fig. 6*). En ce qui concerne les hêtres à feuilles décidues, on constate que l'image reflète l'état d'une seule période de végétation, en l'occurrence celle de 1986. Étant donné que les sapins, les épicéas et les pins sylvestres portent des aiguilles provenant de plusieurs années de croissance, la prise de vue aérienne à l'infrarouge englobe une fourchette de 3 à 7 ans environ.

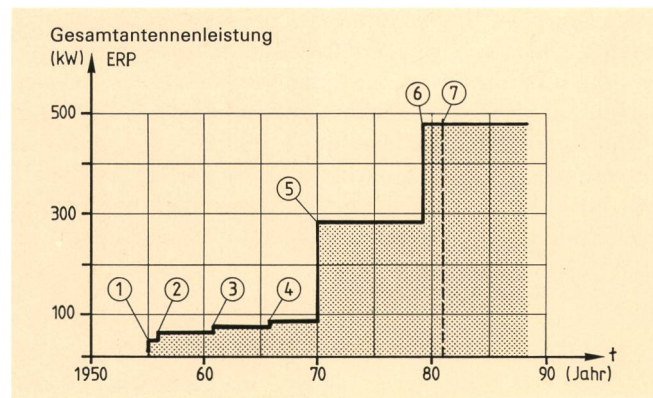


Fig. 2

Sendergeschichte Standort Bantiger

Développement historique de l'émetteur du Bantiger

Gesamtantennenleistung ERP – Puissance totale à l'antenne PAR

① TV Kanal 2 50–60 MHz 49 kW
Canal TV 2

② UKW 88–108 MHz 20 kW
OUC

③ TV Kanal 10 400–800 25 kW
Canal TV 10 MHz
OUC secours

④ Ersatz UKW 88–108 MHz 2x12 kW

⑤ TV Kanal 40 400–800 200 kW
Canal TV 40 MHz

⑥ TV Kanal 50 400–800 200 kW
Canal TV 50 MHz

⑦ 24-h-Betrieb der Sender – Exploitation continue de l'émetteur
Jahr – Année

3 Analyse des cernes annuels

31 Matériel et méthodes

Afin de déterminer l'âge d'un arbre vivant, on procède, au moyen d'une tarière qui ressemble à une sonde de fromager, au prélèvement d'une carotte qui révèle les anneaux de croissance. Sur 86 hêtres, 69 épicéas (sapins rouges) 45 pins sylvestres (pins, pins crochus) et 32 sapins (sapins blancs), on a déterminé la croissance en millimètres par unité de temps et les fluctuations soudaines de croissance (*fig. 3*). Les résultats sont récapitulés aux *figures 4 et 5*.

Anhand der Infrarotbilder wird die Belaubungs- oder Beladelungsdichte der Baumkronen beurteilt (Fig. 6). Bei der sommergrünen Buche entspricht das Bild dem Zustand einer einzigen Vegetationsperiode, im vorliegenden Fall jener von 1986. Da Tannen, Fichten und Föhren mehrere Nadeljahrgänge tragen, integriert das Infrarotluftbild eine Zeitspanne von drei bis etwa sieben Jahren.

3 Jahrringanalysen

31 Material und Methoden

Das Studium des Zuwachses von Bäumen erfolgt an Bohrkernen, die mit einem Zuwachsbohrer – ähnlich einem Käsebohrer – entnommen werden. An 86 Buchen, 69 Fichten (Rottannen), 45 Föhren (Kiefern, Dählen) und 32 Tannen (Weisstannen) wurden die Zuwächse in Millimetern je Zeiteinheit und die abrupten Zuwachsschwankungen (Fig. 3) erfasst. Die Ergebnisse sind zusammengefasst in den Figuren 4 und 5.

Der Beginn und die Dauer der *abrupten negativen und positiven Zuwachsschwankungen* ist in den Jahrringabfolgen eines jeden Individuums über seine ganze Lebensdauer hinweg verfolgbar (Fig. 3). Bei diesem relativen Mass erfahren beispielsweise Zuwachsreduktionen von vier auf zwei Millimeter in raschwüchsigen Bäumen die gleiche Beachtung wie solche von einem auf einen halben Millimeter in langsamwüchsigen Bäumen. Die Anzahl Bäume, die in einem bestimmten Jahr für eine gewisse Anzahl Jahre eine Zuwachsreduktion erfahren haben, wurden in den Häufigkeitsdiagrammen der Figur 5 getrennt nach Baumarten dargestellt und in Beziehung zum Waldbestand und zur stufenweisen Erhöhung der Gesamtantennenleistung des Senders Bantiger gebracht.

Figur 4 stellt die mittleren Zuwachsleistungen der vier Baumarten mit je 13 bis 46 Bäumen aus den beiden unterschiedlich EM-belasteten Zonen dar. Verglichen wurden die durchschnittlichen *Jahrringbreiten* aus der Vor-Sendeperiode 1925 bis 1930 mit jenen von heute.

Aus den Untersuchungen an 232 Bäumen geht folgendes hervor:

Le début et la durée des *diminutions de croissance soudaines et positives* peuvent être observés en fonction de la succession des cernes annuels pour toute la période de vie d'un individu (fig. 3). Pour cette mesure relative, on a accordé la même importance aux réductions de croissance de quatre à deux millimètres des arbres poussant rapidement qu'aux variations de un à un demi-millimètre des arbres poussant lentement. Le nombre d'arbres pour lesquels on a observé, au cours d'une année déterminée, une diminution de croissance se poursuivant pendant un certain nombre d'années, a été représenté sur le diagramme des fréquences de la figure 5, séparément pour chaque essence, et rapporté à la densité forestière et à l'accroissement progressif de la puissance d'antenne globale de l'émetteur du Bantiger.

La figure 4 montre la croissance moyenne des quatre essences avec 13 à 46 arbres dans les deux zones soumises à une charge EM différente. On a comparé la *largeur moyenne des cernes annuels* avant la période d'émission de 1925 jusqu'à 1930 avec celle qui s'observe aujourd'hui. Les examens portant sur 232 arbres ont donné les résultats suivants:

32 Résultats

Mesure de la largeur des cernes annuels (fig. 4)

Durant la première période de mesure (1925...1930), les cernes annuels avaient pour toutes les essences une largeur moyenne de 1,5 mm ... 2 mm. Pour la deuxième période de mesure (1981...1986), en revanche, et suivant l'emplacement, cette largeur était de 0,4 mm ... 2 mm. La diminution de la croissance résulte dans la plupart des cas d'un processus de vieillissement. Au cours des années 80, on n'observe aucune relation systématique entre la croissance moyenne des arbres et la charge différente due aux ondes électromagnétiques. En résumé, on peut dire que la largeur moyenne des cernes annuels de toutes les essences aux trois emplacements et à des surfaces témoins normalement exposées était même un peu plus élevée qu'aux endroits peu exposés. On s'aperçoit en outre que les conditions observées durant une période antérieure, c'est-à-dire les années de 1920, ne sont pas uniformes.

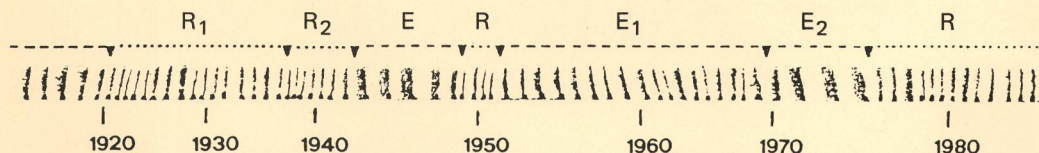


Fig. 3
Jahrringabfolge eines Nadelholzes mit abrupt eintretenden, mehrjährigen Reduktions- (R) und Erholungsphasen (E). Als Bezugsquelle dienen die dem Ereignis vorausgehenden Jahre
Succession des cernes annuels pour un résineux présentant une réduction de croissance (R) soudaine et se prolongeant sur plusieurs années – et des phases de reprise (E). On s'est référé, comme source, aux événements des années précédentes.

32 Ergebnisse

Jahrringbreitenmessung (Fig. 4)

In der ersten Messperiode (1925...1930) haben die Jahrringe bei allen Baumarten eine Breite von durchschnittlich 1,5 mm...2 mm, in der zweiten Messperiode (1981...1986) dagegen sind sie je nach Art 0,4 mm...2 mm breit. Die Zuwachsabnahme ist in den meisten Fällen eine Folge des Alterungsprozesses. In den 80er Jahren besteht keine systematische Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Zuwachs der Bäume und der unterschiedlichen Belastung durch elektromagnetische Wellen. Zusammengefasst sind die mittleren Jahrringbreiten aller Arten aller drei Standorte an normal belasteten Probenflächen sogar ein wenig höher als an den wenig belasteten. In der frühen Messperiode der 20er Jahre sind die Verhältnisse uneinheitlich.

Wachstumswechsel (Fig. 5)

Die Häufigkeitsdiagramme der Wachstumsreduktionen zeigen vor allem die Wachstumsdynamik der Waldbestände auf. Die *Föhren* sind an allen untersuchten Standorten unabhängig von der Höhe der elektromagnetischen Belastung seit den 30er bis 40er Jahren im Zuwachs gehemmt, denn ihre lichtbedürftige Krone wurde zusehends von den dichten Laubkronen der Buchen bedrängt und dadurch in ihrer photosynthetischen Leistung eingeschränkt. Die Jahrringe der *Tannen* sind allgemein seit den 40er Jahren abrupt schmaler geworden. Dies dürfte eine Folge der seit langem bekannten Weisstannkrankheit sein. Die Anzahl von Bäumen mit reduziertem Wachstum ist bei *Fichten* und *Buchen* seit Jahrzehnten gering. Der offensichtlich bessere Zuwachs der Buchen an den normal belasteten Standorten ist wohl auf Durchforstungsmassnahmen zurückzuführen.

Aus der Figur 5 ist das artbedingte Zuwachsverhalten ersichtlich. Seit ungefähr 40 Jahren sind die *Föhren* am stärksten im Zuwachs gehemmt. *Tannen* sind ebenfalls im Wachstum reduziert, jedoch geringer als die *Föhren*. *Buchen* und *Fichten* weisen ein normales Wachstumsverhalten auf. Weder bei der Probengruppe mit geringer noch jener mit normaler Belastung durch elektromagnetische Wellen setzen Reduktionen oder Erholungen im radialen Wachstum in jenen Jahren ein, in denen eine Leistungserhöhung des Senders Bantiger erfolgte. Dies trifft auch für die Folgejahre nicht zu.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass verstärkte Immissionen durch elektromagnetische Wellen an den untersuchten Bäumen aus drei Doppelstandorten keinen feststellbaren Einfluss auf das radiale Zuwachsverhalten der *Föhren*, *Tannen*, *Fichten* und *Buchen* ausüben. Zumindest aber wird deren Wirkung von anderen natürlichen und anthropogenen Umweltfaktoren so stark überlagert, dass ihre Wirkung nicht zu erkennen ist.

4 Luftbildanalysen

41 Material und Methoden

Basis der Luftbildanalysen bilden Infrarotbilder im Masstab 1:3000, aufgenommen in der Vegetationsperiode 1986. Aufgrund dieser Unterlagen entstanden mit Hilfe

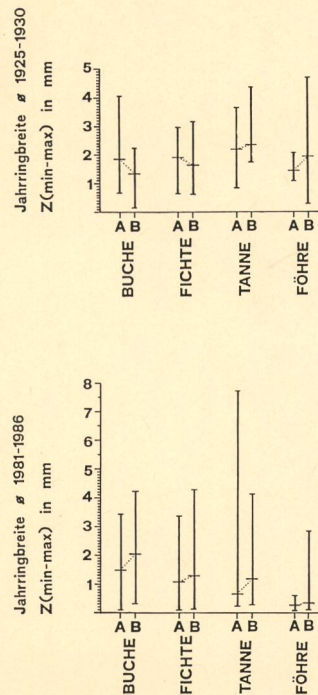


Fig. 4 Radiale Zuwächse aller untersuchten Bäume für die Perioden 1925...1930 (Vor-Senderzeit) und 1981...1986. Dargestellt sind Mittel- und Extremwerte der Bäume in wenig (A) und normal (B) durch elektromagnetische Wellen belasteten Probenflächen

Croissances radiales de tous les arbres examinés durant la période 1925 ... 1930 (avant le début des émissions) et 1981...1986. On a représenté les valeurs moyennes et extrêmes des arbres pour les surfaces témoins peu chargées par les ondes électromagnétiques (A) et normalement chargées (B)

Jahrringbreite Mittel 1926—1930 — Largeur des cernes annuels moyenne 1926-1930

Jahrringbreite Mittel 1981—1986 — Largeur des cernes annuels moyenne 1981—1986

Z (min—max) in mm — Z (min—max) en mm

Buche — Hêtre

Fichte — Épicéa

Tanne — Sapin

Föhre — Pin sylvestre

Modifications de croissance (fig. 5)

Les diagrammes de fréquences de la réduction de croissance montrent avant tout la dynamique de croissance de la forêt. On s'aperçoit que les *pins sylvestres* à tous les emplacements examinés et indépendamment de la grandeur de la charge électromagnétique depuis les années 1930 à 1940 ont été freinés dans leur croissance, du fait que leur cime avide de lumière a été peu à peu obscurcie par le houppier très dense des hêtres, ce qui les a empêchés de tirer profit de la photosynthèse. Les cernes annuels des *sapins* sont en général devenus brusquement plus étroits depuis les années 1940. Cela pourrait être une conséquence de la maladie des sapins blancs connue depuis longtemps. Le nombre des arbres présentant une croissance réduite est faible pour les *épicéas* et les *hêtres* depuis des décennies. La croissance manifestement plus favorable des hêtres aux emplacements à charge normale est sans doute imputable aux mesures d'éclaircie.

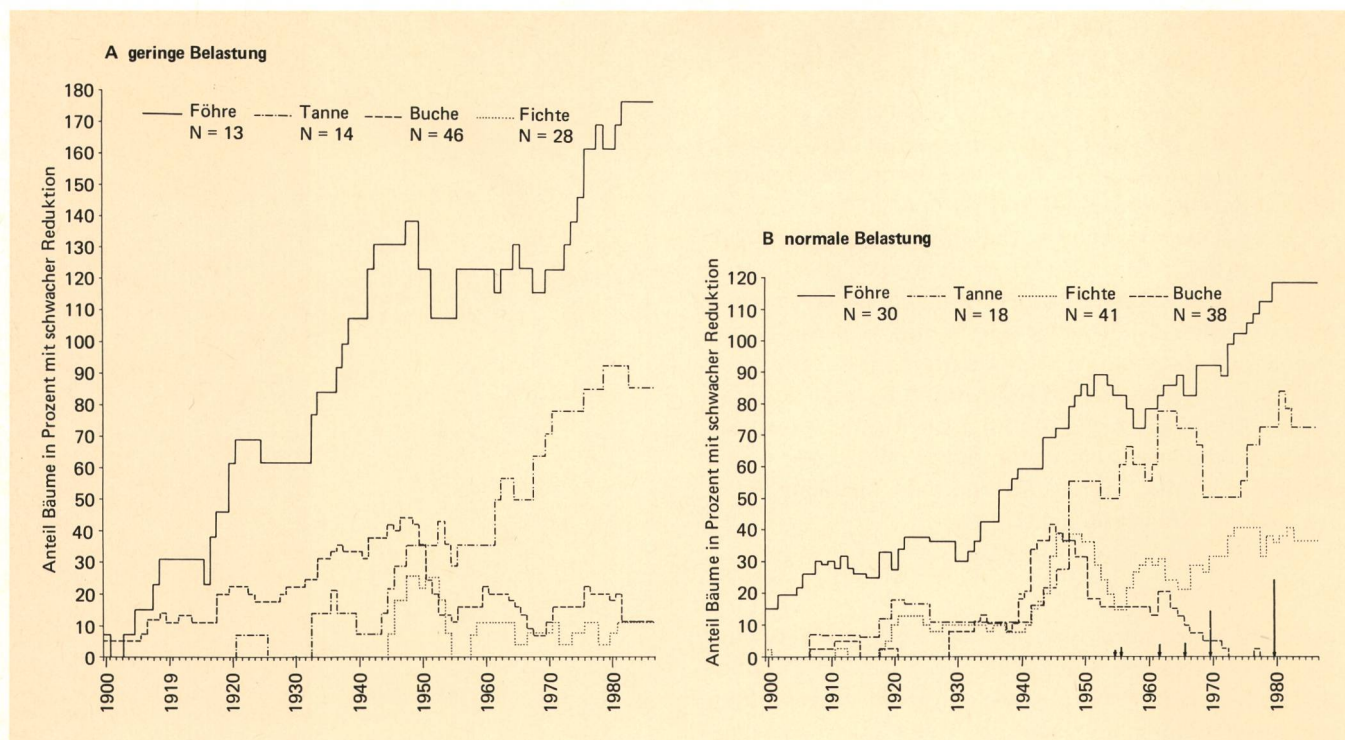


Fig. 5
Häufigkeitsverteilung von Zuwachsreduktionen der untersuchten Baumarten in wenig (Fig. A, links) und normal (Fig. B, rechts) von elektromagnetischen Wellen beeinflussten Probeflächen im Zeitraum 1900...1986. Die Pfeile auf der Zeitskala der rechten Abbildung entsprechen den Erhöhungen der Sendeleistung (siehe dazu Fig. 2). Die prozentualen Anteile übersteigen oft 100 %, da innerhalb längerer Reduktionsphasen vielfach mehrere Intensitätsstufen vorkommen
Distribution de la fréquence des réductions de croissance pour les essences examinées dans les zones peu exposées aux rayonnements électromagnétiques (fig. A, à gauche) et normalement exposées (fig. B, à droite), durant la période 1900...1986. Les flèches sur l'échelle du temps de la figure de droite correspondent aux augmentations de la puissance d'émission (voir aussi fig. 2). Les quotes-parts en pour cent dépassent souvent cent pour cent, étant donné que plusieurs degrés d'intensité posent souvent pendant des phases de réduction prolongées
A geringe Belastung – A Charge faible
B normale Belastung – B Charge normale
Föhre – Pin sylvestre
Tanne – Sapin
Buche – Hêtre
Fichte – Épicéa
Anteil Bäume in Prozenten mit schwacher Reduktion – Proportion en pour cent des arbres présentant une faible réduction de croissance

eines Projektionsgerätes Kronenkarten (Fig. 6), auf denen jeder Baum hinsichtlich Benadelungs- oder Belaubungsdichte mittels eines Spiegelteleskopes (Aviopret) beurteilt werden konnte (0 = keine auf dem Luftbild erkennbaren Schäden, 1 = leicht geschädigt, 2 = mittelstark geschädigt, 3 = stark geschädigt, 4 = tot). Untersucht wurden 186 Fichten (Rottannen), 333 Tannen (Weißtannen), 58 Föhren (Kiefern, Dählen) und 216 Buchen aus drei Doppelstandorten (Fig. 1).

Aus der Untersuchung von 803 Bäumen geht folgendes hervor:

42 Ergebnisse

Der Vergleich der Nadelverluste an Bäumen in schwach und normal durch elektromagnetische Wellen belasteten Zonen ergibt ein uneinheitliches Bild (Fig. 7).

Standort 1: Alle Nadelhölzer weisen auf den normal belasteten Flächen höhere Schadenmittelwerte auf als auf den schwach belasteten. Die Buche verhält sich umgekehrt.

Standort 2: Hier weisen die Nadelhölzer an den normal belasteten Flächen geringere Schadenmittelwerte auf als auf den schwach belasteten. Auch hier zeigt die Buche ein umgekehrtes Verhalten.

La figure 5 montre comment la croissance a évolué selon l'essence. Depuis 40 ans environ, le ralentissement de la croissance est le plus manifeste pour les pins sylvestres. Il en va de même pour les sapins, mais le phénomène est moins prononcé que dans le cas des pins sylvestres. Les hêtres et les épicéas présentent une croissance normale. Des réductions ou des reprises de la croissance radiale durant les années où la puissance de l'émetteur du Bantiger a été augmentée n'ont été observées ni pour le groupe témoin exposé à une charge d'ondes électromagnétiques faible ni pour celui qui subissait une charge normale. Tel n'est également pas le cas pour les années suivantes. En résumé, on peut dire que les immissions renforcées dues aux ondes électromagnétiques n'ont pas exercé d'influences décelables aux trois emplacements doubles où se trouvaient les arbres examinés, c'est-à-dire pas d'influence sur la croissance radiale des pins sylvestres, des épicéas et des hêtres. A tout le moins, d'autres facteurs d'environnement anthropogènes naturels se superposent si largement à ces influences que leur effet n'est pas décelable.

4 Analyses des prises de vue aériennes

41 Matériel et méthodes

L'analyse des prises de vue aériennes se fonde sur des clichés pris à l'infrarouge à l'échelle 1:3000 durant la pé-

Standort 3: Die Unterschiede zwischen den schwach und normal belasteten Flächen sind gering bei den Nadelhölzern. Buchen in den schwach belasteten Zonen sind stärker geschädigt als jene in den normal belasteten.

Aufgrund der Standardfehler wurden die Unterschiede des Nadelverlustes zwischen schwach und normal belasteten Zonen beurteilt. Signifikante Unterschiede bestehen bei den Buchen der Standorte 2 und 3, diese sind jedoch einander entgegengesetzt. Für die Tannen des Standortes 1 ist der Probenumfang für die verlangte Signifikanz zu gering.

riode de végétation de 1986. A l'aide de ces documents et d'un appareil de projection, on a établi des cartes des couronnes (fig. 6), sur lesquelles l'état de chaque arbre a pu être évalué en ce qui concerne la densité des aiguilles et du feuillage par le recours à un télescope à miroir (Aviopret). Les résultats sont les suivants: 0 = pas de dégâts décelables sur la prise de vue aérienne, 1 = légers dégâts, 2 = dégâts moyens, 3 = dégâts importants, 4 = arbre mort. L'examen a porté sur 186 épicéas (sapins rouges), 333 sapins (sapins blancs), 58 pins sylvestres (pins ordinaires, pins crochus) et 216 hêtres implantés à trois emplacements doubles (fig. 1).

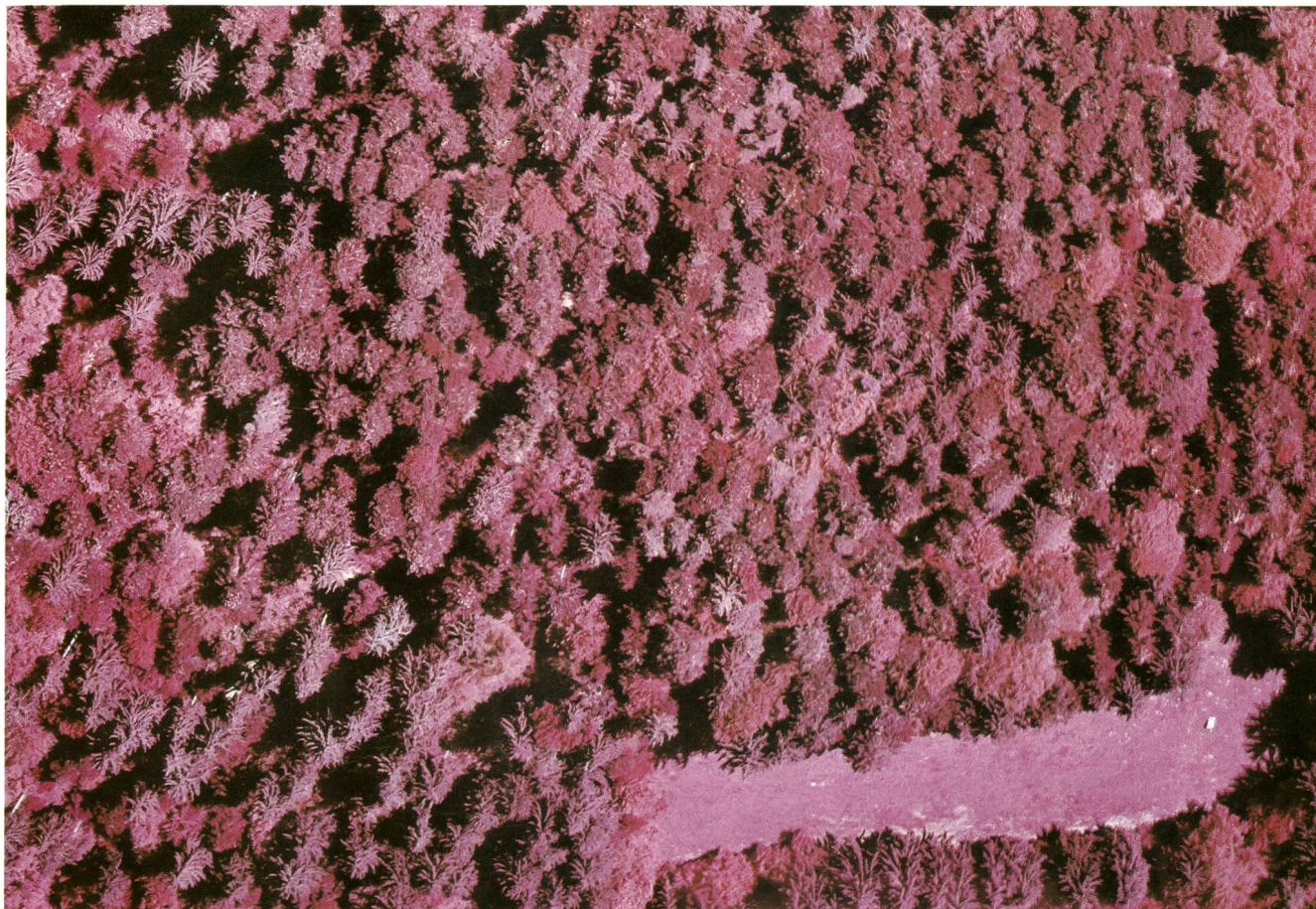


Fig. 6a
Infrarot-Luftbild von Standort 3B
Prise de vue aérienne à l'infrarouge de l'emplacement 3B

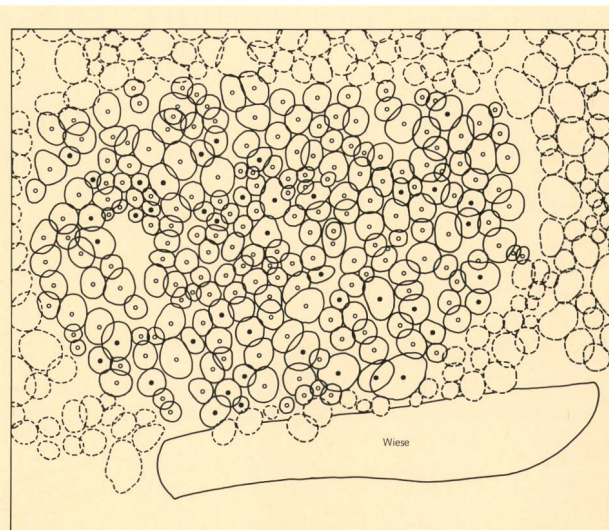


Fig. 6b
Beispiel einer Kronenkarte, gezeichnet nach dem Infrarotluftbild Fig. 6a
Exemple d'une carte des couronnes dessinée d'après une prise de vue aérienne à l'infrarouge fig. 6a
Kronenkarte für Bestand Nr. III B (Bild Nr. 2048, Fluglinie 890) – Carte des couronnes pour la surface forestière n° III B (image n° 2048, ligne de vol 890)

- Nadelholz – Résineux
- ⊙ Laubholz – Feuillu
- ⋯ Nicht klassiert – Non classé

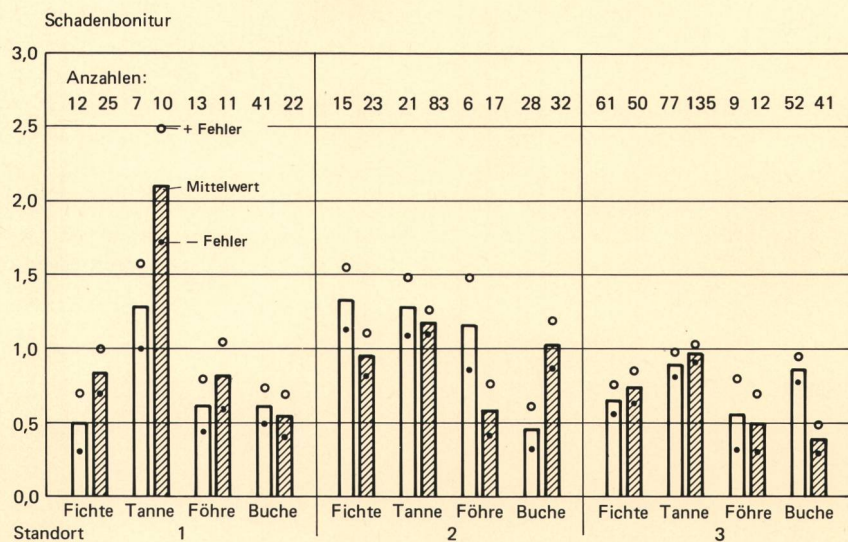


Fig. 7
Schadenmittelwerte aller sechs Untersuchungsflächen, aufgeschlüsselt nach Standort und Baumart
Valeurs moyennes des dégâts pour les six surfaces témoins examinées, classées selon l'emplacement et l'essence
 Schadenbonitur – Etendue des dégâts
 Anzahl – Nombres
 Mittelwert – Valeurs moyennes
 Fehler – Erreurs
 Fichte – Epicéa
 Tanne – Sapin
 Föhre – Pin sylvestre
 Buche – Hêtre
 Standort – Emplacement
 schwach belastet – peu chargée
 normal belastet – normalement chargée

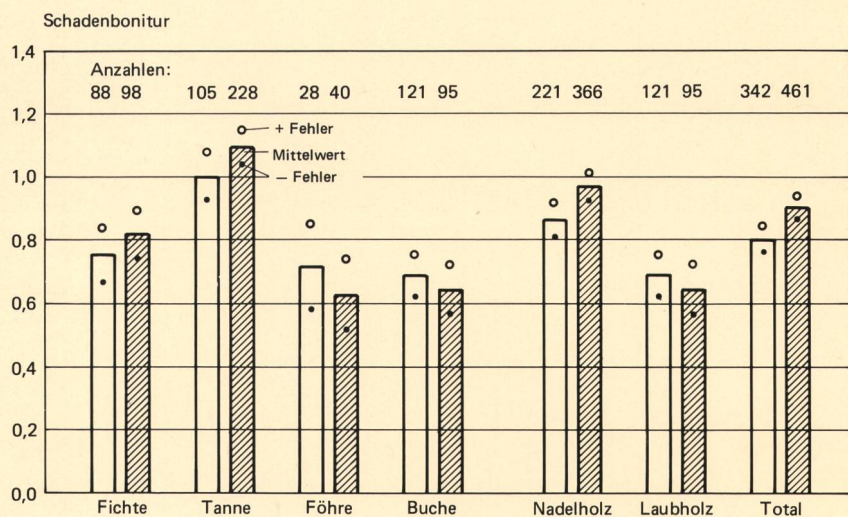


Fig. 8
Schadenmittelwerte aller sechs Untersuchungsflächen, aufgeschlüsselt nach Baumarten
Valeur moyenne des dégâts pour les six zones témoins examinées, classées d'après les critères suivants
 Schadenbonitur – Etendue des dégâts
 Anzahl – Nombres
 Mittelwert – Valeur moyenne
 Fehler – Erreurs
 Fichte – Epicéa
 Tanne – Sapin
 Föhre – Pin sylvestre
 Buche – Hêtre
 Standort – Emplacement
 schwach belastet – peu chargée
 normal belastet – normalement chargée

Gesamthaft betrachtet weisen die Tannen den stärksten Nadelverlust auf. Fichten haben einen mittleren, Föhren und Buchen einen geringeren Nadel- bzw. Blattverlust (Fig. 8).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die verschiedenen Baumarten an den verschiedenen Standorten unterschiedliche Schadenintensitäten im Kronenbereich aufweisen und dass keine signifikanten Unterschiede im Nadel- bzw. Blattverlust zwischen normal und schwach durch elektromagnetische Wellen bestrahlten Flächen bestehen.

Bibliographie

- *Bauch J.* Characteristics and response of wood in declining trees from forests affected by pollution. Jawa Bulletin, Vol. 7 (4), Leiden 1986.
- *Eckstein D.* On the application of dendrochronology for the evaluation of forest damage. IUFRO Conf. Zürich 1985, EAFV, Birmensdorf.
- *Fritts H. C.* Tree rings and climate. Acad. Press, London 1976.
- *Hommel H. und Käs G.* Elektromagnetische Verträglichkeit des Biosystems Pflanze. AFZ, 1985.
- *Lenz O.* Klimatabellen Bern, EAFV, Birmensdorf 1987, unveröffentlicht.
- *Leuthold P.* Drahtlose Nachrichtenübertragung — eine Gefahr für die Umwelt? MANTO-Spezialstudie 2.24, ETH Zürich 1984.
- *Masumy S. A.* 1983: Infrarotfarbluftbilder als Grundlage zur Inventur der grossräumigen Waldschäden. Allg. Forstzeitschrift 26. November 1983, Heft Nr. 46/47, Seiten 1250—1251 für Kurzform und Sonderdruck.
- *Masumy S. A.* 1984: Interpretationsschlüssel zur Auswertung von Infrarotfarbluftbildern für die Waldschadeninventur. Allg. Forstzeitschrift 7. Juli 1984, Heft Nr. 27, Seiten 687—689 für Kurzform und Sonderdruck.
- *Schweingruber F. H.* Der Jahrring, Haupt, Bern und Stuttgart 1983.
- *Schweingruber F. H., Kontic R. und Winkler-Seifert A.* Eine jähringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Berichte EAFV No. 253, Birmensdorf 1983.
- *Schweingruber F. H.* Abrupt changes in growth reflected in tree ring sequences as an expression of biotic and abiotic influences. IUFRO Conf. Zürich 1985, EAFV, Birmensdorf.
- *Schweingruber F. H.* Abrupt growth changes in conifers. Jawa Bulletin, Vol. 7 (4), Leiden 1986.
- *Spang S. et al.* Studie zum Waldsterben im Raum Liestal (BL). EAFV, Birmensdorf 1986, unveröffentlicht.
- *Stäger Ch.* Felduntersuchung über die Wahrscheinlichkeit von schädigenden Einflüssen elektromagnetischer Wellen auf den Wald. PTT-Bericht, Bern 1986.
- Sektion Planung und Empfang der Hauptabteilung Radio und Fernsehen der Generaldirektion PTT in Bern. Interne Messprotokolle von Feldstärkewerten in den Gebieten Baselland und im Kanton Bern, 1987.

L'examen des 803 arbres a révélé ce qui suit:

42 Résultats

En ce qui concerne la perte d'aiguilles, on a comparé les arbres implantés dans des zones exposées à un rayonnement électromagnétique faible à d'autres sujets exposés à un rayonnement moyen, ce qui n'a pas donné une image uniforme (fig. 7).

Emplacement 1: Sur les surfaces à charge normale, tous les résineux présentent des valeurs de dégâts moyennes plus élevées que sur les surfaces à faible charge. L'inverse est valable pour le hêtre.

Emplacement 2: Sur les surfaces à charge normale, les résineux présentent des valeurs de dégâts moyennes plus faibles que sur les surfaces à faible charge. Ici également, on observe un comportement opposé pour le hêtre.

Emplacement 3: Les différences entre les surfaces à charge faible et normale sont minimales par rapport aux résineux. Les hêtres dans les zones à faible charge sont plus endommagés que ceux qui se trouvent dans les zones à charge normale.

En se fondant sur les erreurs types, on a apprécié les différences à l'égard de la perte des aiguilles dans les zones à charge faible et normale. Des différences significatives s'observent pour les hêtres des emplacements deux et trois, qui sont cependant diamétralement opposés l'un par rapport à l'autre. Pour le sapin de l'emplacement 1, le nombre d'arbres témoins est trop faible pour qu'il en découle un résultat significatif.

Vus dans l'ensemble, ce sont les sapins qui ont perdu le plus d'aiguilles. Cette perte est moyenne pour les épicéas, alors que les pins sylvestres ont perdu encore moins d'aiguilles et les hêtres moins de feuilles (fig. 8).

En résumé, on peut dire que les diverses essences implantées aux différents endroits présentent des dégâts d'une intensité inégale au niveau des couronnes et qu'on n'observe pas de différences significatives dans la perte de feuilles ou d'aiguilles aux endroits exposés à un rayonnement électromagnétique normal ou à un rayonnement faible.

Esame dell'eventuale influsso delle onde elettromagnetiche AF sul bosco

Riassunto. Da qualche tempo, i media annoverano fra le cause della moria dei boschi anche i campi elettromagnetici (EM) creati dai servizi di radiotrasmissione. L'Azienda delle PTT ha pertanto fatto eseguire, in vaste regioni boschive a sud del trasmettitore St. Chrischona (Basilea), delle misure dell'intensità di campo per stabilire eventuali nessi tra campi EM e danni forestali. A causa della molteplicità degli influssi, questa prima serie di esperimenti ha portato solo a risultati di carattere generale. Si è pertanto deciso di svolgere un'ulteriore analisi dei danni forestali ad abeti rossi,

abeti bianchi, pini e faggi in un raggio di 1 km...10 km a nord-est del trasmettitore OUC e TV del Bantiger in sei ubicazioni ecologicamente comparabili, di cui tre con intensità di campo normale e tre con intensità di campo ridotta. Le analisi della densità di foglie e aghi di 800 alberi e l'esame della crescita degli anelli annuali di 232 alberi hanno confermato che:

1. Le onde elettromagnetiche non hanno effetti nocivi sulla densità del fogliame dei faggi e su quella degli aghi di abeti bianchi, abeti rossi e pini né sulla crescita degli anelli annuali delle quattro specie di alberi. Nelle zone con intensità di campo ridotta gli alberi non differiscono né nella chioma né nella crescita

da quelli esposti a intensità di campo normale. Non c'è correlazione immediata o differita fra le interruzioni nella crescita degli anelli annuali e gli aumenti della potenza d'emissione.

2. La classificazione dei danni alle chiome degli alberi e quella dei danni agli anelli annuali danno risultati diversi: in base alle analisi delle fotografie aeree a raggi infrarossi, i danni ad abeti bianchi sono più gravi di quelli ad abeti rossi, pini e faggi. Dalle analisi degli anelli annuali risulta invece che i pini hanno una crescita ridotta, gli abeti bianchi e gli abeti rossi una crescita media e i faggi una crescita elevata. Dal 1981 non si sono più avute interruzioni nella crescita.