

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 8 (1962)  
**Heft:** 1-2: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** HOMOTOPIE UND HOMOLOGIE  
**Autor:** Eckmann, Beno  
**Kapitel:** 3. COHOMOLOGIE, HINDERNIS, TRANSGRESSION.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-37962>

### **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:** 25.04.2026

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

## 3. COHOMOLOGIE, HINDERNIS, TRANSGRESSION.

Wir betrachten hier nicht einen einzelnen Testraum  $B$ , sondern eine Folge von Räumen (Polyedern)  $B_n$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$  und Homotopieäquivalenzen  $\omega_n : B_n \rightarrow \Omega B_{n+1}$ . Die Gruppen  $\Pi_n(A, B_{m+n}) = \Pi(A, \Omega^n B_{m+n}) \cong \Pi(A, B_m)$  sind dann von  $n > 0$  unabhängig, vermöge bestimmter Isomorphismen; wir bezeichnen sie mit  $h^m(A)$ . Dasselbe gilt für die relativen Gruppen  $P_{n+1}(\alpha, B_{m+n})$ , für eine Abbildung  $\alpha : A \rightarrow A'$ , die mit  $h^m(\alpha)$  bezeichnet werden.

Diese Gruppen  $h^m(A)$ ,  $h^m(\alpha)$ , bzw. ihre direkten Summen  $h^*(A)$  und  $h^*(\alpha)$  erfüllen dann die Eigenschaften

(I') Exaktheit, d.h. man hat ein exaktes Dreieck

$$\begin{array}{ccc} h^*(A') & \xrightarrow{\alpha^*} & h^*(A) \\ \delta \swarrow & & \searrow J \\ & h^*(\alpha) & \end{array}$$

wobei  $J$  (gewöhnlich mit  $\delta$  bezeichnet) den Grad  $+1$  hat, und  $\delta$  den Grad  $0$ , dies wegen der Definition der  $h_m(\alpha) = P_1(\alpha, B_m)$ .

(II') Exzision, d.h. man hat für Cofaserungen  $\alpha$  mit der Cofaser  $A_0$  einen Exzisionsisomorphismus vom Grade  $0$

$$h^*(\alpha) \cong h^*(A_0).$$

(III') Homotopie.

Von den Cohomologie-Axiomen von Eilenberg-Steenrod fehlt also nur das *Dimensionsaxiom*  $h^m(S_k) = 0$  für  $m \neq k$ ; es ist dann erfüllt, wenn alle  $B_n$  Eilenberg-MacLane-Polyeder  $K(G, n)$  sind, wobei  $G$  eine beliebige Abelsche Gruppe ist (für alle  $n$  dieselbe, da  $\pi_n(B_n) \cong \pi_n(\Omega B_{n+1}) = \pi_{n+1}(B_{n+1})$  ist), und in diesem Fall ist der Homotopietypus von  $B_m$ , somit die Struktur von  $h^m(A)$  und  $h^m(\alpha)$  durch die Gruppe  $G$  und die Zahl  $m$  bestimmt. Wir schreiben für diese Gruppen, die eine volle Cohomologietheorie<sup>1)</sup> bilden,  $H^m(A; G)$  bzw.  $H^m(\alpha; G)$ . Auf die

<sup>1)</sup> Es handelt sich natürlich um die „reduzierte“ Cohomologie für Räume mit Basispunkt; daraus lässt sich in bekannter Weise die „nicht reduzierte“ für Räume ohne Basispunkt herleiten.

verallgemeinerten Cohomologietheorien ohne Dimensionsaxiom gehen wir hier nicht ein.

Diese homotopisch definierten Gruppen  $H^m$  stimmen (nach dem Eindeutigkeitssatz von Eilenberg-Steenrod) für ein endliches Polyeder mit den üblichen überein. Für kompakte Räume — und unter gewissen Einschränkungen auch für parakompakte — sind es die Čechschen Cohomologiegruppen, vgl. P. J. Huber [6]. Für beliebige (endliche oder unendliche) Polyeder  $A$  lässt sich mit Hilfe der Tripelsequenz (vgl. Abschnitt 2) leicht in direkter und elementarer Weise zeigen, dass sie mit den gewöhnlichen simplizialen Cohomologiegruppen zusammenfallen; dabei ergibt sich folgende Beschreibung der simplizialen Cozyklen von  $A$ : Es bezeichne  $A^k$  das  $k$ -dimensionale Skelett von  $A$ ,  $j_m$  die Inklusion  $A^{m-1} \rightarrow A$ ; die Cozyklengruppe  $Z^m$  ist isomorph  $P_1(j_m, K(G, m))$ , d.h. ein Cozyklus ist eine Abbildungsklasse  $\Phi = (\varphi, \varphi')$

$$\begin{array}{ccc} A^{m-1} & \xrightarrow{\varphi} & EK(G, m) \\ j_m \downarrow & \xRightarrow{\Phi} & \downarrow p \\ A & \xrightarrow{\varphi'} & K(G, m) \end{array}$$

wo  $EK(G, m)$  den Wegeraum und  $p$  seine natürliche Projektion bedeutet. Die Cohomologieklassse von  $\Phi$  ist das durch  $\varphi'$  gegebene Element von  $\Pi(A, K(G, m)) = H^m(A; G)$ .

Eine einfache Anwendung hievon: Es sei  $f : E \rightarrow B$  eine Faserabbildung mit der Faser  $F$ , und  $s : B^{m-1} \rightarrow E$  eine Schnittfläche über dem  $(m-1)$ -Skelett von  $B$  (also  $fs = j_m$ ). Ferner sei  $\Phi : f \rightarrow p$  eine Abbildung von  $f$  in die Faserung  $p : EK(G, m) \rightarrow K(G, m)$ , d.h. ein Element der relativen Gruppe  $P_1(f, K(G, m)) = H^m(f; G)$ . Im Diagramm

$$\begin{array}{ccccc} B^{m-1} & \xrightarrow{s} & E & \xrightarrow{\varphi} & EK(G, m) \\ j_m \downarrow & \xRightarrow{\Psi} & \downarrow & \xRightarrow{\Phi} & \downarrow p \\ B & \xrightarrow{1} & B & \xrightarrow{\varphi'} & K(G, m) \end{array}$$

ist  $\Phi\Psi$  ein simplizialer  $m$ -Cozyklus von  $B$ . Man verifiziert leicht, dass er folgende Bedeutung hat: es ist der zur Schnittfläche  $s$  gehörige Hinderniscozyklus  $\eta$  (mit Koeffizienten in  $\pi_{m-1}(F)$ ), in welchem man die Werte noch einem Koeffizienten-Homomor-

phismus  $h : \pi_{m-1}(F) \rightarrow G$  unterworfen hat, nämlich dem durch  $\Phi$  induzierten Homomorphismus von  $\pi_{m-1}$  der Faser von  $f$  in  $\pi_{m-1}$  der Faser von  $p$  (diese ist  $\Omega K(G, m)$ , also ist  $\pi_{m-1}(\Omega K(G, m)) = G$ ).

Die *Cohomologieklass*e dieses Cozyklus  $\Phi\Psi = h_*(\eta)$  ist gemäss der obigen Vorschrift gegeben durch die „untere Komponente“ von  $\Phi$ , also durch  $\varphi' \in H^m(B; G)$  und somit von  $s$  unabhängig.  $\varphi'$  ist übrigens nichts anderes als ein durch *Transgression* aus einem Cohomologieelement  $\in H^{m-1}(F; G)$  der Faser gewonnenes Element. Man beachte, dass dieser Zusammenhang zwischen Hindernis und Transgression nicht nur für das „erste Hindernis“, sondern für eine beliebige Schnittfläche gilt. Im Fall des *ersten Hindernisses*, d.h. wenn die Faser  $F$   $(m-2)$ -zusammenhängend ist ( $\pi_i(F) = 0, i \leq m-2$ ), weiss man, dass eine Fundamentalklasse  $\Phi \in H^m(f; \pi_{m-1}(F))$  existiert, derart dass der induzierte Homomorphismus  $h$  von  $\pi_{m-1}(F)$  in  $G = \pi_{m-1}(F)$  die Identität ist; somit ist dann der Cozyklus  $\Phi\Psi = \eta$  gleich dem *ersten Hinderniscozyklus selbst*, und seine Cohomologieklass  $\in H^m(B; \pi_{m-1}(F))$  ist einfach gleich der Komponente  $\varphi'$  von  $\Phi$ , unabhängig von der speziell gewählten  $(m-1)$ -Schnittfläche.

Damit wird auch eine Definition des ersten Hindernisses nahegelegt, die nicht auf der Polyeder-Eigenschaft von  $B$  beruht und das übliche schrittweise Erweiterungsverfahren nicht benutzt: es ist gegeben durch die Komponente  $\varphi'$  einer Fundamentalklasse  $\Phi \in H^m(f; \pi_{m-1}(F))$ . Von dieser Hindernisklass  $\varphi' \in H^m(B; \pi_{m-1}(F))$  lässt sich im Falle  $F = K(G, m-1)$  direkt nachweisen, dass sie die Faserungen  $E \rightarrow B$  mit Faser  $K(G, m-1)$  charakterisiert.

Auf den Fall höherer Hindernisse soll an anderer Stelle eingegangen werden.

#### 4. AUSBLICKE.

Die homotopische Auffassung der Cohomologie, wie sie oben skizziert ist, lässt sich sehr weit fortführen (obwohl die explizite Berechnung in Spezialfällen sich stets auf simpliziale oder Zellenstrukturen stützt). In diesen Gedankenkreis gehört die Postnikovzerlegung eines Raumes (Charakterisierung des Homo-