

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 94 (1996)

Heft: 5: GIS 96 : Geografische Informationssysteme im Vormarsch = SIT 96 : les systèmes d'information du territoire progressent

Artikel: Digitalisierung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen im zweiten Landesforstinventar

Autor: Hägeli, M. / Zinggeler, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235246>

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: 07.02.2026

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

Digitalisierung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen im zweiten Landesforstinventar

M. Hägeli, J. Zinggeler

Im Rahmen der Feldaufnahmen zum zweiten schweizerischen Landesforstinventar wurde das gesamte Erschliessungsnetz an lastwagenbefahrbaren Waldstrassen zusammen mit den kantonalen Forstdiensten überprüft und auf 15–20jährigen Landeskartenblättern im Massstab 1:25000 ergänzt. Die digitale Erfassung der Walderschliessung erfolgte an Bildschirmarbeitsplätzen direkt auf den neuesten Pixelkarten des Bundesamtes für Landestopographie. Digitalisierung, Speicherung und Analyse der Informationen basieren auf der Funktionalität eines Geographischen Informationssystems. Das Erfassungsprojekt ermöglicht, eine zuverlässige Datengrundlage für die forstliche Erschliessung des schweizerischen Waldes zu legen. Es zeigte zudem mehrere technische und organisatorische Optimierungsmöglichkeiten für Folgeinventuren auf.

Dans le cadre des relevés de terrain du second inventaire forestier national, le réseau complet des routes forestières accessibles aux camions a été mis à jour, grâce aux indications fournies par les services forestiers cantonaux. Cette mise à jour s'est effectuée sur les cartes nationales à l'échelle 1:25000 datant de 15 à 20 ans. Cette information fit ensuite l'objet d'une saisie numérique, directement à l'écran, sur les cartes pixel de l'office fédéral de topographie. La saisie, la mise en mémoire et l'analyse des données requièrent la fonctionnalité d'un système d'information géographique. L'objectif de ce projet est la mise sur pied d'une base de données fiables sur la desserte de la forêt suisse. Le processus a également mis en évidence plusieurs améliorations possibles, tant sur le plan technique qu'organisationnel, qui seront utiles lors d'inventaires ultérieurs.

L'Inventario Forestale Nazionale svizzero raccoglie dati concernenti la rete stradale forestale. Nel quadro dei rilievi sul terreno effettuati nell'ambito del secondo Inventario Nazionale, è stata controllata ed aggiornata l'intera rete delle strade forestali percorribili da camion, grazie alle indicazioni fornite dai Servizi forestali cantonali. Questo aggiornamento è stato effettuato su carte topografiche a scala 1:25000, rilevate 15–20 anni fa. Le informazioni ottenute sono state, in seguito, digitalizzate direttamente sulle nuove Carte Pixel dell'Ufficio Federale di Topografia. La digitalizzazione, la memorizzazione e l'analisi dei dati richiedono l'utilizzazione di un Sistema d'Informazione Geografico (GIS). Questo progetto rende possibile la costituzione di una banca dati affidabile sulla rete stradale della foresta svizzera. Il lavoro ha inoltre messo in evidenza numerose possibilità di miglioramento, sia sul piano tecnico che su quello organizzativo, che potranno rendersi utili in sede di ulteriori inventari.

1. Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des ersten schweizerischen Landesforstinventars (LFI) wurde die Erschliessung des Waldes durch lastwagenbefahrbare Waldstrassen erfasst. Die Erhebungen erfolgten in den Jahren 1983–1985 und wurden von Hand auf dazumal 3- bis 5jährigen Landeskartenblättern im Massstab 1:25000 eingetragen. Diese Kartengrundlagen sind mittlerweile 15 bis 20 Jahre alt. Bei einem dritten Inventar ergäben sich mit diesen Kartenblättern kaum lösbare Erfassungs- und Nachführungsprobleme.

Für das zweite Landesforstinventar drängte sich deshalb, nicht zuletzt dank des riesigen Entwicklungsschubes der EDV, die Digitalisierung des gesamten Waldstrassennetzes im Geographischen Informationssystem (GIS) der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) auf. Dabei standen mehrere Varianten zur Diskussion.

Bei direkter Digitalisierung der Daten von den Landeskarten ergeben sich einerseits Probleme mit dem Kartenblattverzug, andererseits stimmt der zusammen mit dem örtlichen Forstdienst erfasste und vielfach gutachtlich auf die Kartenblätter

übertragene Strassenverlauf in vielen Fällen nicht genau mit dem tatsächlichen neuerer Karten überein. Zudem war die Berechnung der Strassenlängen im ersten Landesforstinventar aufwendig und nicht immer unproblematisch.

Der grosse Arbeitsaufwand zur Erfassung von 249 Landeskartenblättern erforderte eine sorgfältige Abwägung der Kosten und des Nutzens der einzelnen Erfassungsvarianten im Hinblick auf die zu beantwortenden Projektfragen.

Im folgenden Artikel werden verschiedene Methoden zur Erfassung der Waldstrassen vorgestellt.

2. Datenerhebung

2.1 Erhebung des Erschliessungsnetzes im LFI1

Die Erfassung der Walderschliessung ist für die Schätzung des Holzerei- und Rückeaufwandes sowie für die Kenntnis der Strassenlänge und deren Verteilung notwendig. Im ersten Landesforstinventar war die Erschliessungserhebung wie die Stichprobenaufnahme im Wald und die Försterbefragung Bestandteil der Feldarbeiten.

2.1.1 Klassierung des Erschliessungsnetzes

Zusammen mit den Revierförstern wurden die Strassen erfasst, klassiert (siehe Kap. 2.2) und auf den damals neusten Landeskartenblättern im Massstab 1:25000 eingezeichnet. Die Linienführung der auf den Karten noch nicht nachgeführten neuen Strassen und Wege wurde gutachtlich von Hand eingetragen. Folgende Klassen wurden ausgeschieden (Zingg, Bachofen 1988):

- Lastwagenstrassen: Mindestbreite 2.5 m, Achslast von 10 Tonnen;
- Traktorstrassen von 2 bis maximal 2.5 m Breite, befahrbar mit einem Unimog, Jeep oder Traktor mit Anhänger.

Grundsätzlich wurden nur diejenigen Strassen erfasst, welche ganz oder teilweise im Wald verliefen. Dabei wurde die Klassierung des Bundesamtes für Landestopographie übernommen.

Autobahnen und Autostrassen sind nicht erfasst worden, Strassen erster Klasse nur dann, wenn eine Erschliessungsfunktion ersichtlich war. Als lastwagenbefahrbar galten 2.-, 3.- und 4.Klass-Strassen. 5.-Klass-Wege wurden nur dann klassiert, wenn sie nach Auskunft des Forstdienstes befahren werden konnten. Waren lastwagenbefahrbare Strassenabschnitte nur über einen nicht mit Lastwagen befahrbaren Engpass verbunden, so wurden sie als Traktorstrassen klassiert.

2.1.2 Ermittlung der Strassenlänge

Die Länge des Strassennetzes wurde mit Hilfe einer Schnittpunktzählung bestimmt

(Stierlin 1979). Die Strassenlänge lässt sich dabei aus der Anzahl der Schnittpunkte des Koordinatennetzes auf den Landeskarten mit dem Strassennetz bestimmen. Die Auswerteeinheit ist das Landeskartenblatt. Durch die Zuordnung der Schnittpunkte zu den Stichprobenflächen lassen sich die Strassenlänge und die Strassendichte berechnen. Als weiteres Mass für die Beurteilung der Walderschliessung wurde auf der Karte von jeder Probe­fläche die kürzeste Entfernung zur nächsten lastwagenbefahrbaren Waldstrasse (Transportentfernung) gemessen. Diese Methode war mit einem grossen zeitlichen Aufwand verbunden und fehleranfällig.

2.2 Erhebung des Erschliessungsnetzes in der Folgeinventur

Veränderungen der Walderschliessung in den letzten zehn Jahren sind nur auszuweisen, wenn das Waldstrassennetz mit den gleichen Kriterien und Klassierungsgrundsätzen auf den alten Landeskartenblättern der Erstinventur nachgeführt wird. Wegen ihrer gesamtschweizerisch geringen Bedeutung wurde auf die Nachführung der traktorbefahrbaren Strassen und Wege verzichtet. Als Zusatzinformation wurde der Belagstyp (Naturbelag, Asphalt- oder Betonbelag) der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen erfragt und auf den Landeskartenblättern festgehalten (Abb. 1).

Das Erschliessungsnetz wurde wie folgt klassiert:

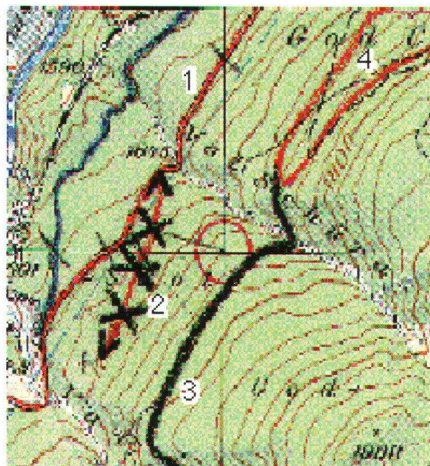


Abb. 1: Thematische Information der Walderschliessung als Farbstifteinträge in der Landeskarte 1:25 000. 1) Bestehendes Strassennetz ohne Belag im LFI1; 2) Aufgehobene oder renaturierte Strasse; 3) Gutachtlich eingetragener Strassenneubau ohne Belag; 4) Gutachtlich eingetragene bestehende Strasse ohne Belag. Landeskarte der Schweiz 1:25 000: Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 23. 2. 1996.

- Strassennetz Zustand Erstinventur ohne Belag;
- Strassennetz Zustand Erstinventur mit Asphaltbelag;
- Strassennetz Zustand Erstinventur mit Betonbelag;
- in der Zwischenzeit aufgehobene oder renaturierte Strassen;
- Fehlklassierungen aus der Erstinventur;
- Strassenneu- und ausbauen seit der Erstinventur ohne Belag;
- Strassenneu- und ausbauen seit der Erstinventur mit Asphalt;
- Strassenneu- und ausbauen seit der Erstinventur mit Beton;
- Strassenstück in Tunnel.

2.3 Weitere Arbeitsschritte

2.3.1 Digitalisierung

Die Daten werden manuell in zwei Schritten am Bildschirm mit Maus, ohne Einsatz eines Digitalisierers oder eines Scanners und ohne Unterstützung durch Linienverfolgungsalgorithmen, erfasst (siehe Kap. 3). Die menugesteuerte Applikation ARGO (Frank, Baumann, 1995) dient als Benutzeroberfläche zum Geographischen Informationssystem der WSL. Im ersten Schritt werden die Geometriedaten erfasst. Als Basisinformationen werden die Pixelkarten (digitalisierte Landeskarten auf Rasterbasis) des Bundesamtes für Landestopographie (Bundesamt für Landestopographie, 1994), ohne die Höhenschichtlinien, für den aktuellen Bearbeitungsausschnitt auf den Bildschirm projiziert. Als weitere Informationsbasis dienen die LFI-Erschliessungskarten, auf denen das Waldstrassennetz eingezeichnet ist. Für die Digitalisierung müssen beide Kartenquellen berücksichtigt werden. Die Information aus der Farbebene «schwarz» der digitalen Landeskarten wird für die Erfassung der exakten Lage der Strassen und Wege und zur Digitalisierung der Strassenklasse gemäss Bundesamt für Landestopographie benötigt. Die Farbebenen «grün» und «hellgrün» dienen zur Klassierung der Lage (Waldrand, freies Feld, Wald, aufgelöste Bestockung). Von den LFI-Erschliessungskarten wird die forstliche Klassierung erfasst (Kap. 2.1.1.). Aus technischen Gründen werden Liniensegmente mit identischen Sachdaten zusammenhängend erhoben. Linien werden unterbrochen, wenn der Wert einer Sachdatenkolonne ändert, die Strasse sich verzweigt oder eine andere Strasse kreuzt. Dies bedingt, dass die digitalisierende Person die Kriterien der Klassierung reproduzierbar erkennt und im Zweifelsfall zusammen mit den verantwortlichen Personen während des Digitalisiervorgangs Unklarheiten bereinigen kann. Nach der Bereinigung der geometrischen Konsistenz wer-

den in einem zweiten Schritt die Sachdaten für jedes Strassenstück am Bildschirm zugeordnet. Für diesen Schritt stehen dem Bearbeiter wiederum die digitalen Landeskarten, die digitalisierten Strassen am Bildschirm und die Originalblätter der LFI-Erschliessungskarten zur Verfügung.

In einem dritten Schritt werden Plausibilität und Richtigkeit der digitalisierten Daten am Bildschirm geprüft; sie werden entweder zur Nachbearbeitung zurückgegeben oder zum Eintrag in das geographische Informationssystem der WSL freigegeben.

2.3.2 Speicherung

Nach der Freigabe der Daten werden die Linieninformationen und die zugehörigen Sachdaten in einer digitalen Kartenbibliothek des GIS der WSL einzelblattweise gespeichert. Die Software zur Abfrage und Analyse der Daten ab Kartenbibliothek sorgt für eine blattschnittlose Sicht der Daten für die Benutzer. Mit dem Einsatz der Kartenbibliothek kann erreicht werden, dass die Benutzer der Daten über die Art und den physikalischen Ort der Datenspeicherung im Dateisystem auf Disk keine Informationen benötigen. Die Daten sind von allen Computerarbeitsplätzen der WSL abrufbar. Die kontrollierten digitalen Vektorkarten werden kartenblattbezogen ohne Randabgleich auf nur einer Informationsebene abgelegt. In einem weiteren Schritt können die Ränder bei blattübergreifenden Strassen halbautomatisch abgeglichen und wiederum im GIS abgelegt werden. Diese abgeleitete Information wird in einer weiteren Informationsebene abgelegt und kann zum Beispiel zu kartenblattübergreifenden Analysen verwendet werden.

3. Auswahl des Digitalisierungsverfahrens

3.1 Auszählen von Schnittpunkten zum Kilometernetz (Methode LFI1)

Bei der Auszählung von Schnittpunkten und nachfolgender Schätzung der Strassenlänge ist die Einfachheit der Erhebungsmethode vorteilhaft. Für die Bearbeitung ist weder ein graphischer Computerarbeitsplatz noch ein Geographisches Informationssystem notwendig. Der Aufwand ist aufgrund von Erfahrungszahlen aus der Erhebung des ersten Schweizerischen Landesforstinventars schätzbar. Als Nachteil erweist sich, dass die Auswertemöglichkeiten eng begrenzt sind. Zudem zeigten die Erfahrungen aus dem ersten Landesforstinventar, dass die Auszählmethode recht zeitaufwendig ist (siehe Kap. 2.1.2.). Mit dieser Methode könnte die Distanz von LFI-Waldstichprobenflächen zur nächsten lastwagenfahrbaren Strasse nicht direkt ermittelt werden.

3.2 Digitalisierung der LFI-Erschliessungskarten auf Digitalisiertisch

Die Erfassung von Karteninformationen auf einem Digitalisiertisch entspricht heute einem konventionellen Verfahren, dessen Zeitaufwand relativ gut zu schätzen ist. Das Verfahren ist erprobt und die betrieblichen Abläufe sind bekannt. Für die Datenerfassung kann sich der Bearbeiter für alle Informationen auf eine einzige Kartengrundlage stützen.

Die Digitalisierung der Originalkartenblätter hätte im vorliegenden Fall gewichtige Nachteile mit sich gebracht. Die verwendeten Landeskartenblätter sind nicht mehr aktuell. Dadurch müssten bei der Erfassung die nicht in der Karte eingetragenen neuen Forststrassen gutachtlich eingezeichnet werden. Für eine exakte Digitalisierung der gutachtlich eingetragenen Strassen hätten entweder Pixelkarten am Bildschirm oder aktuelle Landeskartenblätter auf dem Digitalisiertisch beigezogen werden müssen. Dies würde das Datenerfassungsverfahren organisatorisch wesentlich umständlicher machen und damit die Vorteile des einfachen Verfahrens kompensieren. Die Erschliessungskarten aus dem ersten Landesforstinventar weisen durch Lagerung und Gebrauch schwer korrigierbare Verzerrungen auf. Damit kann ein optisch einwandfreier Überdruck der neuen Kartenblätter nicht gewährleistet werden.

3.3 Scannen und Vektorisieren der LFI-Erschliessungskarten

Das Scannen und Vektorisieren von Plänen und Karten kann im Idealfall einen grossen Teil der Handarbeit zur Erfassung von Geometriedaten ersparen. Wesentlich für eine kostengünstige Digitalisierung mit dem Scanner ist eine qualitativ einwandfreie Plangrundlage mit möglichst wenig thematischen Ebenen, im besten Fall separiert nach Thema. Damit entfällt eine aufwendige Separierung der thematischen Ebenen in Nachbearbeitungsgängen. Für eine vollautomatische Vektorisierung und Sachdatenzuordnung sollten auch innerhalb des Themas Vektoren mit unterschiedlichen Sachdaten für den Scanner und den Vektorisierungsalgorithmus erkennbar sein. Mit dem Scannen der Originalvorlagen könnte eine 1:1-Kopie der Originalkarten gespeichert werden. Diese Vorteile könnten im Fall der Digitalisierung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen jedoch nicht genutzt werden, da die genannten Voraussetzungen fehlen. Alle thematischen Ebenen sind auf einer Kartengrundlage eingezeichnet. Damit wird eine automatische Trennung der Information erschwert und der potentielle manuelle Nachbearbeitungsaufwand gross. Die gutachtlich eingezeichneten Strassen können als solche zur Zeit kaum

automatisch der effektiven Linienführung angepasst werden. Die Verzerrungen der LFI-Erschliessungskarten können kaum besser ausgeglichen werden als bei der Erfassung auf dem Digitalisiertisch.

3.4 Vektorisieren von ausgewählten Farbebenen aus der Pixelkarte

Seit 1994 können an der WSL die gescannten Farbebenen der Landeskarte der Schweiz des Bundesamtes für Landestopographie auf digitaler Basis für Projekte eingesetzt werden (Bösch, 1995). Für die Vektorisierung der lastwagenbefahrbaren Strassen und die Zuordnung des Bestockungstyps könnten die Ebenen «schwarz», «waldton» und «Waldumrisse» verwendet werden. Ein grosser Teil der benötigten Informationen aus den drei Ebenen könnte somit automatisch erfasst und damit der manuelle Digitalisierungsaufwand gering gehalten werden. Obwohl die Pixelkarte farbsepariert vorliegt, erweist sich der Nachbearbeitungsaufwand als gross. Dies rührt daher, dass die Farbebene «schwarz» nicht nur Strassen, sondern auch Texte, Felssignaturen, Höhenlinien im Fels und Höhenangaben enthält. Diese unerwünschten Kartenelemente müssen entweder automatisch oder manuell in einem weiteren Arbeitsschritt eliminiert werden. Die Bestockung kann mit den an der WSL zur Verfügung stehenden Mitteln nicht zuverlässig automatisch erkannt werden, da diese Information in den Landeskartenblättern nur interpretativ herausgelesen werden kann. Diese thematische Information muss in einer Nachbearbeitung manuell hinzugefügt werden. Da nicht sämtliche auf der Landeskarte eingezeichneten Strassen auch forstlich relevant sind, müssten in einem weiteren Verarbeitungsschritt die im LFI erhobenen Strassen gekennzeichnet werden.

3.5 Bezug von vektorisierten Daten vom Bundesamt für Landestopographie

Ein Bezug von vektorisierten Landeskarten vom Bundesamt für Landestopographie kann die Erfassung der geometrischen Vektorinformation ersparen. Durch den Bezug der Originaldaten wird keine weitere Digitalisierungsgenauigkeit eingeschleppt. Als weiterer Vorteil erweist sich die kostengünstige Weiterverwendung von Daten, welche für einen anderen Hauptzweck erfasst worden sind (Datenrecycling). Die forstliche Klassierung muss in einem Nachbearbeitungsschritt erfolgen. Der Bezug dieser Daten kommt für das zweite Landesforstinventar nur für wenige Kartenblätter in Frage, da die benötigten Daten gesamtschweizerisch während der Projektdauer noch nicht verfügbar sind.

Das Landesforstinventar (LFI)

Am 12. August 1981 beschloss der Bundesrat die erstmalige Durchführung eines Schweizerischen Landesforstinventars (LFI). Auf den neuesten Luftbildern der schweizerischen Landestopographie wurden rund 12 000 Wald-Stichprobestflächen mit Hilfe eines Interpretationsgerätes (Kern DSR1) interpretiert, im Feld genau eingemessen und darauf die verschiedensten Merkmale erfasst (Zingg, Bachofen 1988). Die Feldaufnahmen wurden in den Jahren 1983 bis 1985 durchgeführt und die Resultate 1988 publiziert (EAFV, 1988). Die Erhebungen sollen alle zehn Jahre wiederholt werden.

Mit der Erhebung des zweiten Landesforstinventars in den Jahren 1993 bis 1995 wird nicht nur der aktuelle Zustand, sondern auch die Entwicklung des Schweizer Waldes in den letzten zehn Jahren ermittelt. Dabei sollen in erster Linie Fragen zur Waldfläche, zum Holzvorrat, zum Holzzuwachs, zur Holznutzung und zur Verfügbarkeit des einheimischen Rohstoffes Holz beantwortet werden. Das zweite Landesforstinventar erfasst aber auch einige ökologisch wichtige Parameter des Waldes. So werden die Waldränder genauer unter die Lupe genommen, aber auch Sträucher und die vorherrschende Bodenvegetation werden inventarisiert. Das Landesforstinventar ist ein Teil des Walderhebungsprogrammes (WEP) und wird in enger Zusammenarbeit mit der Eidg. Forstdirektion durchgeführt. Die Ergebnisse bilden nicht nur eine wichtige Grundlage für die künftige Wald- und Holzpolitik, sondern liefern auch Entscheidungshilfen für die Energiepolitik, die Raumplanung sowie die Umweltpolitik.

3.6 Digitalisieren ab Pixelkarte am Bildschirm

Der Entscheid fiel schliesslich zugunsten der digitalen Erfassung der lastwagenbefahrbaren Strassen ab Pixelkarten am Bildschirm. Obwohl diese Variante auch nicht die in Zukunft optimale Lösung darstellt, weist sie doch ein paar gewichtige Vorteile gegenüber den anderen Methoden auf. Die Kartengrundlage (Pixelkarten) ist auf dem neuesten Stand. Damit können alle Strassen lagegenau digitalisiert werden. Die auf den LFI-Erschliessungskarten eingezeichneten Strassen sind am Bildschirm dem effektiven Verlauf entsprechend anpassbar. Die Reproduktion von thematischen Karten als Überdruck zu den Landeskarten ergibt eine lagegenaue Darstellung des Strassenverlaufs. Linien können aufgrund Ihrer Sachdatenzuweisung im selben Verarbeitungsschritt korrekt segmentiert und erfasst werden. Damit nimmt der Nachbearbeitungsaufwand beträchtlich ab. Für die Datenerfassung sind keine Digitalisierische notwendig und es müssen keine Kartenblattverzüge ausgeglichen werden. Als Nachteil erweist sich, dass gleichzeitig zwei Kartengrundlagen, Erschliessungskarten und Pixelkarten, als Informationsquellen dienen, da abwechselnd auf Bildschirm und Karte fokussiert werden muss. Die direkte Digitalisierung am Bildschirm erfordert ein gutes Orientierungsvermögen auf der Landeskarte. Der Einsatz von grossen Datenmengen für die Pixelkarten erfordert leistungsfähige Hardware und hat damit seinen Preis. Zoomfunktionen beim Einschluss von Raster- und Vektordaten sind auf dem an der WSL eingesetzten GIS langsamer als bei reinen Vektordaten und erhöhen deshalb die Erfassungszeit.

4. Zeitaufwand

Der Digitalisierungsaufwand variiert stark und ist insbesondere von der Dichte des Erschliessungsnetzes abhängig. In wenig erschlossenen Gebirgsregionen, wo in den letzten Jahren praktisch keine neuen Waldstrassen gebaut wurden, beträgt der Aufwand für die Erfassung des Erschliessungsnetzes eines Kartenblattes ca. zwei Stunden. Im dicht erschlossenen Mittelland mit Strassendichten, die gebietsweise 100 Laufmeter pro Hektare Wald übersteigen, muss mit einer Erfassungszeit von 20 bis 25 Stunden pro Kartenblatt gerechnet werden. Gesamthaft sind für die Digitalisierung des Erschliessungsnetzes inklusive der Sachdatenzuordnung durchschnittlich 15 Arbeitsstunden pro Kartenblatt aufgewendet worden. Dies entspricht für die ganze Schweiz (249 Kartenblätter) einem Gesamtaufwand von 3735 Stunden oder 440 Arbeitstagen à 8.5 Stunden.

Der zeitliche Aufwand für die Kontrolle ist ebenfalls von der Erschliessungsdichte abhängig und beträgt pro Kartenblatt zwischen drei und maximal sechs Stunden. Bei einem durchschnittlichen Aufwand von vier Stunden pro Kartenblatt entspricht dies einem Gesamtaufwand von 996 Stunden oder rund 117 Arbeitstagen à 8.5 Stunden.

5. Diskussion

In die Evaluation wurden sechs verschiedene Methoden miteinbezogen. Die Wahl erfolgte in drei Schritten. Im ersten Schritt wurde auf Grund der Anforderungen für die Auswertung der Daten die Variante des Auszählens von Schnittpunkten mit einem Gitternetz und diejenige des Datenbezugs vom Bundesamt für Landestopographie verworfen. In einem zweiten Schritt wurden mit den Erfahrungen aus anderen Projekten die Erfolgsaussichten der verbliebenen vier Varianten gutachtlich und mit Tests in ausgewählten Gebieten geprüft. In diesem Schritt wurden die Varianten des automatischen Vektorisierens von Farbebenen aus der Pixelkarte und diejenige des Scannens und automatischen Vektorisierens der Originalvorlagen bezüglich des Aufwandes als unsicher eingestuft. Abschreckend wirkte vor allem der sehr hohe Vor- und Nachbearbeitungsaufwand für ein erfolgreiches Scannen der Originalvorlagen oder ein automatisches Vektorisieren der Pixelkarten. Die Versuche, die Daten ab Originalkarten auf dem Digitalisierisch zu erfassen, haben gegenüber der Erfassung ab Bildschirm einen kostengünstigeren Aufwand prognostizieren lassen. Als grosser Nachteil wurde jedoch die Ungenauigkeit der, mangels besserer Alternative, gutachtlich von den Forstdiensten auf den veralteten Landeskarten (LFI1) eingezeichneten Strassen empfunden. Die Perspektive, diese Ungenauigkeiten mit den damit verbundenen Einschränkungen für die Auswertung von Vergleichsstudien für weitere Inventuren mitzuführen, veranlasste die Projektleitung, von einer Digitalisierung ab Originalkarten abzusehen und die etwas zeitintensivere Variante der Datenerfassung ab Bildschirm zu wählen. Dies geschah vor allem im Hinblick auf eine Investition für die Zukunft. Von Vorteil wäre der routinemässige künftige Bezug der photogrammetrisch erfassten Nachführungen und Strassenklassierungen in Vektorform vom Bundesamt für Landestopographie. Damit würden Nachführungen als solche ausgewiesen und müssten nicht mehr aus der Karte herausgelesen und digitalisiert werden. Diese Nachführungen könnten in Nachbearbeitungsschritten forstlich klassiert und danach in das Geographische Informationssystem der WSL eingefügt werden. Damit entfielen der Schritt der Vek-

torisierung und Erkennung von Pixeldaten, welche original als Vektordaten digital vorgelegen haben.

6. Folgerungen

Die Digitalisierung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen im Rahmen des zweiten Landesforstinventars ist aufgrund der vorgegebenen und absehbaren Fragen unerlässlich und zukunftsweisend. Die digitale Erfassung und Klassierung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen und Wege erfolgt am Bildschirm mangels zur Zeit verfügbarer geeigneterer und einfacherer Verfahren. Für eine künftige Weiterführung der Erhebung kann das Verfahren durch organisatorische Verbesserungen und durch Innovationen bei der Mustererkennung gestrafft und kostengünstiger gestaltet werden. Es muss eine engere Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Landestopographie angestrebt werden, damit jeweils die photogrammetrisch erhobenen und klassierten Kartenachführungen digital bezogen werden können. Dies erspart den Umweg einer Vektorisierung von Rasterdaten. Die Datenmenge der Vektorinformationen wäre ausreichend klein, dass die Feldequipen bei ihren Interviews mit den Forstdiensten die Bezeichnung der forstlich relevanten Strassen direkt auf einem mitgeführten Laptop-Computer auswählen und den Strassentyp eintragen könnten. Damit entfielen die Eintragung auf Papierkarten, welche nachträglich im Büro digitalisiert werden müssten. Zur Zeit werden im Rahmen eines Forschungsprojekts der WSL Methoden entwickelt, um in Zukunft Objekte aus Rasterdaten erkennen zu können. Damit könnte durch eine automatische Klassierung der Lage der Strassen nach der Bestockungsart (Waldrand, freies Feld, Wald, aufgelöste Bestockung) die Sachdatenzuordnung beschleunigt werden. Mit der Realisierung aller Verbesserungen müssten in einem Nachbearbeitungsschritt nur noch die Daten nachkontrolliert und Fehlklassierungen korrigiert werden. Die Dokumentation und Nachführung der landesweiten forstlichen Erschliessung mit einem Geographischen Informationssystem sowie eine ständige Überprüfung und Verbesserung der Methoden kann bei einer engen Zusammenarbeit zwischen der Eidg. Forschungsanstalt WSL, dem Bundesamt für Landestopographie und dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft durch Synergieeffekte zu wesentlich tieferen Kosten beim Nachführungs- und Verwaltungsaufwand führen.

Dank

Ohne die vom Bundesamt für Landestopographie zur Verfügung gestellten Pixelkarten wäre die Realisierung der hier

vorgestellten Methode nicht möglich gewesen. Für die gute Zusammenarbeit möchten wir uns daher herzlich bedanken.

Literatur:

Bösch, R., 1995: Improved Utilization of ARC/INFO Image Catalogs. Proc. 10th European ARC/INFO User Conference, ESRI, Prag, 1995.

Bundesamt für Landestopographie, 1994: Produktinformation Pixelkarten. Wabern.

Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Berichte Nr. 305, 1988. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Erstaufnahme 1982–1986.

Frank, C., Baumann, T., 1995: «ARGO», Eine deutschsprachige Benutzeroberfläche für das Geographische Informationssystem «Arc/Info». Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 340, 26S.

Stierlin, H.R., 1979: Die Erfassung der Walderschliessung. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Berichte Nr. 204.

Zeichenerklärung für die topographischen Landeskarten 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Bundesamt für Landestopographie, 1989, 3084 Wabern.

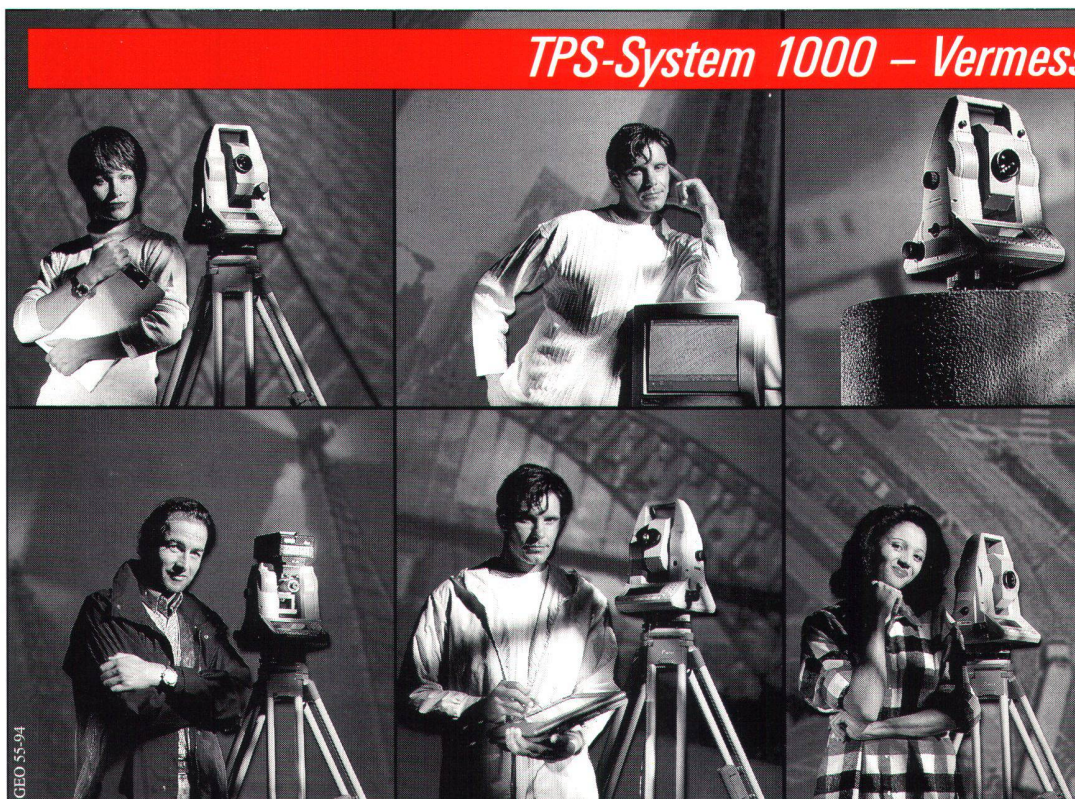
Zingg, A., Bachofen, H., 1988: Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Erstaufnahme 1982–1986. Eidg. Anstalt f. das forstl. Versuchswesen, Bericht Nr. 304.

Zinggeler, J., 1993: Anleitung für die Erhebung der Walderschliessung im LF12. Umfrage beim Kreisförster (Internes Papier, unveröffentlicht).

Adresse der Autoren:

Martin Hägeli
Jürg Zinggeler
Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

TPS-System 1000 – Vermessung komplett



Sie wollen ein Theodolit-Messsystem, das bezüglich Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Bedienungs-freundlichkeit Ihren hohen Anforderungen entspricht? – **Selbstverständlich** – Es soll motorisch positionieren können? – **Gut** – ausbaufähig muss es sein? – **Klar** – Und Sie wollen in Zukunft GPS-Daten direkt auf Ihrem Theodoliten verwenden? – **Aber sicher!**

TPS-System 1000 – die komplette Vermessungs-lösung für Ihre Aufgaben von heute und morgen. Fragen Sie uns.

GEO 55-94

Leica AG Verkaufsgesellschaft
CH-8152 Glattbrugg, Kanalstrasse 21
Tel. 01/ 809 33 11, Fax 01/ 810 79 37
CH-1020 Renens, Rue de Lausanne 60
Tél. 021/635 35 53, Fax 021/634 91 55