

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 174 (2023)
Heft: 3

Artikel: Wie der Wald die CO₂-Bilanz eines Sägewerks verbessert
Autor: Bariska, Michael / Pásztor, Zoltán
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097136>

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: 03.05.2026

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

Wie der Wald die CO₂-Bilanz eines Sägewerks verbessert

Michael Bariska^{1*}, Zoltán Pásztor²

¹ Ehemals Institut für Baustoffe, ETH Zürich (CH)

² Universität Sopron (HU)

Für ein Sägewerk wurde die CO₂-Menge geschätzt, die durch dessen Bau und die nachfolgenden Produktionsaktivitäten entstanden war. Die Sägerei wurde während der letzten 90 Jahre betrieben und verarbeitete jährlich etwa 30 000 m³ Rundholz. Wir haben die Waldfläche bestimmt, die diese emittierte Abgasmenge durch Photosynthese innert 25 Jahren wieder aus der Atmosphäre holen würde. Die Masse der in den insgesamt 115 Jahren freigesetzten CO₂-Emissionen wurde auf 134 064 t geschätzt. Für die Sequestrierung der gleichen Menge CO₂ braucht es gemäss unseren Berechnungen eine Waldfläche von 1341 ha. Nach der Sanierung könnte die Waldfläche auf 288 ha reduziert werden, die nur noch den fortgesetzten jährlichen CO₂-Ausstoss absorbieren würden. Finanziell könnte das einen leichten Gewinn einbringen, wenn es als gemeinschaftliches Unterfangen realisiert würde.

doi: 10.3188/szf.2023.0155

* Am Rain 7, CH-5210 Windisch, E-Mail embariska@bluewin.ch

Die steigende Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) in der Atmosphäre führt dazu, dass diese sich erwärmt. Das Regenwasser wird zunehmend sauer, und die Umwelt nimmt auch anderweitig Schaden (Takashiro 2018, Wackernagel et al 1996, IPCC 2014, Fay et al 2000; Perruchoud et al 1999). Zur Reduktion von CO₂ in der Atmosphäre sollten verschiedene wirksame Massnahmen in Betracht gezogen werden. Dazu gehört der Umstand, dass Bäume beim Aufbau von Holz unter anderem CO₂ aus der Luft aufnehmen. So werden sie zu einem natürlichen CO₂-Speicher. Aufforstungen tragen also dazu bei, dass CO₂ wieder aus der Atmosphäre entfernt wird. Für ein ungarisches Sägewerk haben wir dessen CO₂-Bilanz erstellt und die Waldfläche berechnet, die es zur Sequestrierung der gleichen Menge CO₂ braucht (Bariska & Pásztor 2022).

Das Sägewerk wurde um 1923 auf einer Fläche von 6 ha errichtet und seitdem ununterbrochen betrieben. Es steht in einer feuchten subkontinentalen Klimazone mit mediterranen Einflüssen auf den Alpenausläufern. Die Wälder sind dominiert von Eichen mit Buchenbeimischung in den höheren Lagen. Die jährlich auf-

gearbeitete Holzmenge betrug rund 85 000 m³, nach der Wende 1989 wurde sie auf einen Durchschnitt von 30 000 m³ reduziert. Dazu war jeweils eine Energieleistung von 450 MWh nötig. Natürlich kam es in den vergangenen Jahren im Sägewerk zu technischen Fortschritten. Zudem wurde es grösser. Für unsere Be-

rechnungen haben wir die aktuellsten Zahlen verwendet.

Methoden

Die Lösung wurde in zwei Schritten erarbeitet. Im ersten Schritt wurde die CO₂-Menge bestimmt, die durch den Aufbau und das Betreiben der Sägemühle in den letzten 90 Jahren in die Atmosphäre ausgestossen wurde. Auch wurde jene CO₂-Menge dazugerechnet, die während der geplanten Rehabilitationsphase von 25 Jahren entstehen würde (Gleichung 1). Im zweiten Schritt wurde dann die aufzuforstende Waldfläche errechnet, welche die Menge an CO₂ während einer vorgesehenen 25-jährigen Rehabilitationsperiode absorbieren sollte. Nach Enssle (2010) nahmen wir an, dass der Wald jährlich etwa 4 t CO₂ pro ha absorbieren kann (Gleichung 2).

Daten und Annahmen

Um die insgesamt ausgestossene CO₂-Menge zu ermitteln, haben wir die Annahmen aus Tabelle 1 getroffen.

Die Mühle wurde vor 90 Jahren auf einer 6 ha grossen, ursprünglich von Wald bedeckten Fläche errichtet. Gemäss Schätzungen wurde damals ein Baum von zwei Waldarbeitern in etwa einer Stunde gefällt, abgeastet und zu Stammabschnitten zerlegt. Ihre Leistung, ausgedrückt in physikalischen Einheiten, könnte ca. 100 Watt betragen haben (Luczak et al 2010). Um 6 ha Wald mit rund 250 Bäumen/ha zu roden, wurden schätzungsweise 300 kWh



Abb 1 Bei der Rodung für den Bau eines ungarischen Sägewerks wurde das geschlagene Holz mit Pferden gerückt. Foto: Archiv Wald Schweiz

Gleichung 1

$$CO_{2/Rh} \approx CO_{2/saat} + (BZ + SZ) \times (CO_{2/eb} + CO_{2/va})$$

$CO_{2/Rh}$ = CO_2 [Tonnen], entfernt aus der Atmosphäre während einer bestimmten Rehabilitationszeit durch Aufforstung (Photosynthese)

$CO_{2/saat}$ = CO_2 [Tonnen], erzeugt durch Standortvorbereitung, Aufbau, Ausrüstung und spätere Technologieerneuerung

BZ = Betriebszeit der Mühle [Jahre] mit CO_2 -Emissionen

SZ = Sanierungszeit [Jahre] zur Entfernung der gesamten CO_2 -Emissionen während BZ

$CO_{2/eb}$ = CO_2 [Tonnen/Jahr] zur Erzeugung der im Betrieb verbrauchten Energie

$CO_{2/va}$ = reduzierte CO_2 -Aufnahmekapazität des für die Mühle gerodeten Waldes [Tonnen/Jahr]

Gleichung 2

$$AWF \approx CO_{2/Rh} [t] / (4 [t/(ha \times Jahr)] \times 25 \text{ Jahre})$$

AWF = aufzuforstende Waldfläche

$CO_{2/Rh}$ = CO_2 [Tonnen], entfernt aus der Atmosphäre während einer bestimmten Rehabilitationszeit durch Aufforstung (Photosynthese)

$CO_{2/saat}$ = CO_2 [Tonnen], erzeugt durch Standortvorbereitung, Aufbau, Ausrüstung und spätere Technologieerneuerung

BZ = Betriebszeit der Mühle [Jahre] mit CO_2 -Emissionen

SZ = Sanierungszeit [Jahre] zur Entfernung der gesamten CO_2 -Emissionen während BZ

$CO_{2/eb}$ = CO_2 [Tonnen/Jahr] zur Erzeugung der im Betrieb verbrauchten Energie

$CO_{2/va}$ = reduzierte CO_2 -Aufnahmekapazität des für die Mühle gerodeten Waldes [Tonnen/Jahr]

Energie aufgewendet. Beim Fällen und Transportieren aller Bäume aus dem 6 ha grossen Wald wurden 0.75 t CO_2 freigesetzt. Ein Baumstamm wurde vermutlich von einem Pferd und einem Arbeiter in etwa 15 Minuten aus dem Wald gezogen (Abbildung 1). Der Arbeitsaufwand, gerechnet auf das gesamte Rundholzvolumen, belief sich auf 295 kWh. Das entspricht 0.74 t CO_2 . Vor 90 Jahren wurde der Transport wahrscheinlich mithilfe von Pferdewagen durchgeführt. Auf 6 ha wurden ca. 1500 t Stämme gefällt. Das gesamte Holzvolumen entsprach etwa 188 Wagenladungen, wenn pro Wagen 8 t Holz transportiert wurden. Das Laden und Entladen von einem Wagen wurde von fünf Arbeitern in zwei Stunden erledigt. Der entsprechende Energieverbrauch betrug insgesamt 188 kWh, also 0.47 t CO_2 .

Das Holz wurde dann an einer etwa 15 km entfernten Verkaufsstelle abgeliefert. An einem Tag ergab sich so pro Wagen eine Hin- und Rückfahrt. Mit zwei Pferden pro Wagen könnte der CO_2 -Ausstoss 2214 kWh oder 5.54 t CO_2 betragen haben.

Insgesamt wurden bei der Standortpräparation und dem Rundholztransport rund 2997 kWh Energie verbraucht und etwa 7.5 t CO_2 freigesetzt. Wir haben angenommen, dass die Stämme für die Schnittholzproduktion verwendet und nicht vor Ort verbrannt wurden.

Die nach der Methode von Lockie & Berebecki (2012) gesammelten und berechneten Daten für die Standortvorbereitung und die Erstellung der Infrastruktur lieferten weitere 22 t CO_2 . Bau und Ausstattung von Gebäuden sowie technologische Erneuerungen des Betriebs erzeugten rund 1380 t CO_2 . Die Ausrüstung der Administration (Möbel, Computer usw.) verursachte einen weiteren Ausstoss von 520 t CO_2 . Insgesamt fielen für Rodungen und den Bau von Infrastruktur und Gebäuden 1929 t CO_2 an.

1922 hat die Mühle den Betrieb aufgenommen. Seit 90 Jahren produziert sie Schnittholz bis zum heutigen Tag. Die Sanierungszeit (SZ) beschreibt jene Periode, in der eine neu aufgeforstete Waldfläche aus der Atmosphäre jene Menge

CO_2 sequestrieren würde, die die Mühle während ihrer gesamten Lebensdauer und der Sanierungszeit abgab. Für diese Sanierungszeit wurden 25 Jahre festgelegt. Danach soll die Mühle von einem Teil der aufgeforsteten Waldfläche nach wie vor bei der Kompensation der fortdauernden CO_2 -Emissionen unterstützt werden.

Die jährliche Produktion der Mühle beläuft sich im Schnitt auf 30 000 m³ Rundholz. Der dazu notwendige jährliche Energieverbrauch beträgt rund 450 MWh, was 1125 t CO_2 entspricht. Auf der 6 ha grossen Fläche, auf der die Mühle steht, fehlt der Wald. Entsprechend resultiert ein Verlust bei der CO_2 -Aufnahme von 24 t/Jahr (verlorene CO_2 -Aufnahme-Kapazität).

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Unsere Berechnungen ergeben, dass das Sägewerk seit Beginn des Baus und während der 90-jährigen Produktionszeit rund 134 064 t CO_2 in die Atmosphäre emittiert hat (Gleichung 1). Dieser Betrag setzt sich zusammen aus der Bauzeit, dem Betrieb und der Rehabilitationszeit, in der weitere 28 725 t CO_2 dazugekommen sind. Um die gleiche Menge CO_2 wieder in Bäumen zu speichern, müsste Wald auf einer Fläche von 1341 ha aufgeforstet werden (Gleichung 2). Fachkundig gepflegt dürfte die Plantage ihre vorteilhafte Wirkung bereits im ersten Jahr nach ihrer Errichtung zeigen. Nach 25 Jahren würde eine für die Umwelt positive CO_2 -Bilanz resultieren.

Zur Kompensation der Emissionen aus dem laufenden Betrieb müssen 288 ha Wald erhalten bleiben. Damit wird das ursprüngliche Ziel von 1053 ha übertroffen, und die verbleibende Fläche kann an ein anderes Unternehmen verkauft werden. Diese ganze Anstrengung ist aber nur eine vorübergehende Lösung und bleibt

	Aktivität	Energie [kWh]	Emissionen CO_2 [t]
Standort, Gebäude, Infrastruktur	Rodung 6 ha	300	0.75
	Rücken	295	0.74
	Transport (1500 t Stammholz)	188	0.47
	Lieferung	2214	5.54
	Standortvorbereitung und Erstellung der Infrastruktur		22
	Bau und Ausstattung von Gebäuden sowie technologische Erneuerung		1380
	Ausrüstung der Administration		520
	Total		1929.5

Tab 1 Geschätzte Energie und CO_2 -Emissionen für Bau, Betrieb und Regeneration des Sägewerks. Siehe Bariska & Pásztor 2022 für Details.

	Dauer	Emissionen CO ₂ [t]
Standort, Gebäude, Infrastruktur		1929.5
Produktion	90 Jahre mit Emissionen von 450 t/Jahr	103 410
Rehabilitationszeit	25 Jahre	28 725
Total CO₂-Emissionen (CO₂/Rh)		134 064

Tab 2 Emissionen während der Zeit von Bau, Produktion und Regeneration.

nur so lang wirksam, bis das Holz entsorgt (verbrannt) wird oder auf natürliche Weise verrottet.

Diese Zahlen zeigen, dass schon ein eher kleines Sägewerk die Umwelt erheblich belastet. Daraus ziehen wir folgende Schlüsse: Holzverarbeitung ist eine der am wenigsten umweltbelastenden Industrieaktivitäten, trotzdem ist sie mit einem einschneidenden Eingriff in die Umwelt verbunden. Der Mensch hinterlässt trotz seiner Überzeugung, kompetent und professionell zu arbeiten, Spuren in der Umwelt. Das bedeutet, dass die Bevölkerung in Zukunft für die Wiedergutmachung von Schäden an der Natur zahlen müssen (möglicherweise in Form von Steuern). Klar ist: Die Zeit des Planens muss vorbei sein, jetzt ist Handeln geboten! Deshalb haben wir uns für den vorliegenden Fall entsprechend konkrete Überlegungen gemacht.

Wie könnte so ein Projekt finanziert werden?

Der Erwerb von 1341 ha fruchtbarem Boden sowie dessen Aufforstung und Pflege stellen für ein relativ kleines Unternehmen eine grosse Investition dar. In gemeinsamer Anstrengung zusammen mit der öffentlichen Hand und Stiftungen könnte sie finanziell dennoch bewältigt werden und für alle Beteiligten interessant sein.

Die Investition in die aufzuforstende Fläche sollte aus Rückstellungen des Unternehmens gedeckt sein. Die Kosten sollten also nicht an die Kundschaft weitergegeben werden. Für die öffentliche Hand drängt sich ein entsprechendes Engagement auf. Das Unternehmen schafft Arbeitsplätze, produziert benötigte Waren und zahlt Steuern wie die Mitarbeitenden auch. Es ergibt sich auch eine moralische Verpflichtung zur Unterstützung eines CO₂-Kompensations-Projekts, insbesondere angesichts eines möglichen Gewinns beim Holzverkauf. Den Rest der Mittel könnte eine Stiftung beschaffen, und zwar mithilfe von Wertpapieren, Aktien und Anleihen, mit denen ein finanzieller

Gewinn resultieren kann. Die Wertpapiere jeglicher Art könnten gehandelt, geerbt, hinterlegt, gespendet usw. werden. Das heisst: Sie wären keine langfristigen Investitionen, jeder und jede könnte sie erwerben. Das würde eine breite Streuung sichern.

Unternehmen, Stiftung und öffentliche Hand wären zusammen verantwortlich für den Kauf des Bodens, die Aufforstung und den Unterhalt. Nach 25 Jahren hätte der Wald seinen Zweck erfüllt, und 1053 ha könnten verkauft werden. Die Renditen würden unter den Teilhabenden entsprechend ihrem Beitrag aufgeteilt. Berechnungen deuten darauf hin, dass diese gemeinsame Bemühung profitabel werden könnte, wenn die oben genannte Waldfläche für das Dreifache des ursprünglichen Kaufpreises verkauft werden könnte (Bariska & Pásztor 2015). Angesichts des fortlaufenden Anstiegs des Immobilienwerts, der Wertzunahme des Waldes und der stets präsenten Inflation ist diese Annahme kein unrealistisches Szenario. Die Anstrengungen würden den Investorinnen und Investoren das Geld wiederbringen und gleichzeitig das CO₂ aus der Luft in Holz einlagern. Die verbleibende Waldfläche würde weiterhin in Besitz von Unternehmen, Stiftung und öffentlicher Hand bleiben und den CO₂-Ausstoss des laufenden Betriebs weiterhin kompensieren. Sollte der Betrieb seine Produktionstätigkeit einstellen, kann auch diese zurückbehaltene Waldfläche verkauft werden. Die Sanierung der Umwelt muss also kein Verlustgeschäft sein. ■

Dank

An den nationalen Forschungs- und Entwicklungsfonds des ungarischen Ministeriums für Innovation und Technologie für die Unterstützung des Projektes TKP2021-NKTA-43

Literatur

MIHÁLY BARISKA M, PÁSZTORY Z (2015) Hatékony ágazatvizsgálat és önköltségszámítás fűrészüzemekben (Performance analysis and cost accounting in sawmills). Palatina Nyomda és Kiadó Kft., Sopron, 138 p.

- MIHÁLY BARISKA M, PÁSZTORY Z (2022) The CO₂ balance of a sawmill. Preprint Vers 1. Research Square. doi.org/10.21203/rs.3.rs-2010164/v1
- ENSSLE J (2010) Ist ungenutzter Wald schlecht für's Klima? Berlin: Naturschutzbund Deutschland. 6 p.
- FAY R, TRELOAR G, IYER-RANIGA U (2000) Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. Build. Res & Info 28 (1): 31–41
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). Geneva: IPCC, 151 p.
- LOCKIE S, BEREBECKI P (2012) Methodology to calculate embodied carbon of materials. Royal Institution of Chartered Surveyors, Embodied Carbon Working Group. RICS IP 32/2012, London: Park Communications Ltd, 24 p. https://www.igbc.ie/wp-content/uploads/2015/02/RICS-Methodology_embodied_carbon_materials_final-1st-edition.pdf (31.3.2023)
- LUCZAK H, BRUDER R, SCHLICK, CM (2010) Arbeitswissenschaft. Berlin-Heidelberg: Springer. 713 p.
- PERRUCHOUD DO, KIENAST F, KAUFMANN E, BRÄKER OU (1999) 20th Century Carbon Budget of Forest Soils in the Alps. Ecosystems 2 (4): 320–337
- TAKASHIRO A (2018) Environmental Science: Society, Nature, and Technology. Singapore: Pan Stanford Publishing. 191 p.
- WACKERNAGEL M, BEYERS B (1996) Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publishers. 176 p.

Comment la forêt améliore le bilan carbone d'une scierie

Pour une scierie, on a estimé la quantité de CO₂ générée par sa construction et les activités de production qui ont suivi. La scierie a fonctionné pendant les 90 dernières années et a transformé environ 30 000 m³ de grumes par an. Nous avons déterminé la surface de forêt qui permettrait de retirer de l'atmosphère, par photosynthèse, cette quantité de gaz émis en l'espace de 25 ans. La somme des émissions de CO₂ libérées au cours d'une période de 115 années a été estimée à 134 064 tonnes. Pour séquestrer la même quantité de CO₂, il faudrait, selon nos calculs, reboiser une surface forestière de 1341 ha. Après l'assainissement initial en termes de compensation carbone, la surface forestière pourrait être réduite à 288 ha, afin d'absorber la quantité annuelle de CO₂ qui continue d'être émise. Financièrement, cela pourrait rapporter un léger bénéfice si cela était réalisé en tant que démarche collective.