

Erträge aufweist und es keine Diversifikation durch unterschiedliche Holzsortimente mehr gibt.

### Diskussion und Ausblick

Der ungleichaltrige Mischwald ist unter den getroffenen Annahmen die beste Alternative, wenn ein Waldbesitzer Risiken gegenüber abgeneigt ist. Das ergibt sich

bereits allein aus der finanziellen Diversifikation, die für sich genommen auch in einem Kleinprivatwald-Betrieb mit zwei nach Baumarten getrennten Reinbeständen wirkt. Der Übergang von zwei ungleich alten Reinbeständen hin zu Mischbeständen ergibt sich dann, sobald ökologische Wechselwirkungen zwischen Mischbaumarten auf der Einzelbaumebene berücksichtigt werden können. Durch

die Ergebnisse von GRIESS et al. [8] ist nun der Nachweis gelungen, dass eine Minderung des Ausfallrisikos der Fichte bereits durch eine kleinräumige Mischung mit Buchen erreicht wird. Eine Durchführung der Optimierung mit diesen Ausfallwahrscheinlichkeiten, gewonnen zum Beispiel im Rahmen der regelmäßigen Inventuren der Länder, wird zukünftig zu realistischeren Ergebnissen beitragen können.

# Risiko und die finanzielle Ableitung des Allgemeinen Bestockungsziels

Susanne Neuner und Bernhard Beinhofer

*Kalamitäten oder auch Holzpreisschwankungen können als bedeutende finanzielle Risiken für einen Forstbetrieb genannt werden. Verschiedene Baumarten verfügen jedoch über ein unterschiedliches Kalamitätsrisiko und auch die Holzpreise entwickeln sich meist verschieden über die Zeit. Durch geschickte Kombination von Baumarten können in einem Forstbetrieb Risiken der einzelnen Baumarten durch andere ausgeglichen werden. Für den Gräfl. Arco-Zinneberg'schen Forstbetrieb in Niederbayern wurde mithilfe der Portfoliotheorie nach HARRY MARKOWITZ eine finanziell risikominimale Baumartenzusammensetzung ermittelt.*

### Hintergrund

Das allgemeine Bestockungsziel bezeichnet in Bayern die standörtlich angepasste Zielbestockung eines Forstbetriebes unter Beachtung gesellschaftsbezogener Gegebenheiten [6]. Neben der Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte spielt jedoch auch die Ökonomie für einen Forstbetrieb eine wichtige Rolle.

Die Erfahrungen mit Ausfällen von Fichtenbeständen durch Kalamitäten haben in den letzten Jahrzehnten jedoch auch gezeigt, dass nicht nur die interne

Verzinsung als Grund für die Wahl einer bestimmten Baumart dienen sollte. Die zusätzliche Berücksichtigung des Risikos sollte bei finanziellen Überlegungen ebenso von zentraler Bedeutung sein.

Mithilfe der Portfoliotheorie wurde bereits häufig gezeigt, dass durch Mischung von Baumarten mit unterschiedlich hohem Risiko ein Portfolio resultieren kann, das bei einem bestimmten Ertrag insgesamt ein geringeres Risiko als seine Einzelkomponenten besitzt oder bei bestimmtem Risiko einen höheren Ertrag erzielt [3, 4, 5, 10, 11]. Als Risiko wird vereinfacht von

der Standardabweichung der erzielten Erträge gesprochen. Es handelt sich somit nicht nur um Kalamitäten, die das Risiko dieser Berechnungen ausmachen. Zudem werden Holzpreisschwankungen als eine ebenso wichtige Ursache berücksichtigt, welche die Erträge zum Schwanken bringt und damit das Risiko bewirkt.

In den meisten Studien wurden bisher Mischungen aus Fichte und Buche, vereinzelt erweitert um Douglasie, Kiefer, Buche und Eiche, untersucht [3, 4, 5, 10, 11]. Grundlage dieser Berechnungen waren jedoch meist Modellbestände. Die Portfoliotheorie wurde daher noch nicht auf einen bestehenden Forstbetrieb angewendet, unter Berücksichtigung einer größeren Baumarten- und Bewirtschaftungsvielfalt.

Mit dem Ziel, sich die Diversifikationseffekte durch Mischung von Baumarten zunutze zu machen, wurde eine Portfoliooptimierung (vgl. Infokasten „Ablauf zur Bestimmung des Allgemeinen Bestockungsziels“) für einen privaten Forstbetrieb in Bayern, den Gräfl. Arco-Zinneberg'schen Forstbetrieb, durchgeführt und für diesen ein risikominimales allgemeines Besto-

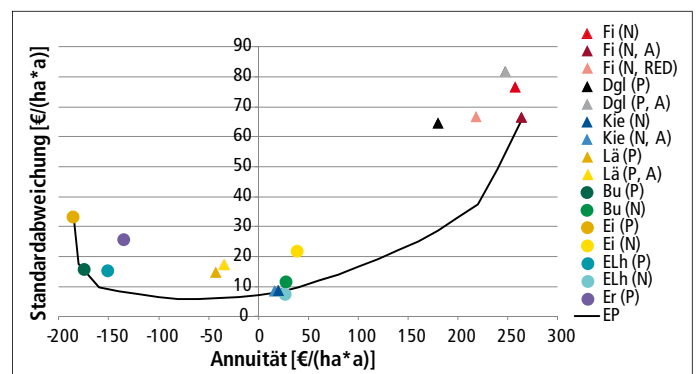
S. Neuner, wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung (TUM) am Zentrum Wald-Forst-Holz in Weihenstephan, hat dort ihre Masterarbeit verfasst, die von Dr.

B. Beinhofer, der wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung war, betreut wurde.



Susanne Neuner  
susanne.neuner@tum.de

**Abb. 1:**  
Kurve der effizienten Portfolios (EP) mit geringster Standardabweichung bei einer bestimmten Annuität sowie alle berücksichtigten Bestandesvarianten



ckungsziel formuliert. Herausfordernd war hierbei, die Daten für die Optimierung an die Werte des Forstbetriebes anzupassen. Dabei wurden die Bestände und deren Behandlungskonzepte – nach Vorgaben des Betriebes – mit dem Waldwachstumsprogramm SILVA 2.2 [14] simuliert. Die anschließende Holzsortierung und die finanzielle Bewertung erfolgten nach den Vermarktungskriterien und der Kosten- und Erlösstruktur des Forstbetriebes.

## Zu optimierende Varianten

Für die Portfoliooptimierung wurden für den etwa 2 000 ha umfassenden deutschen Betriebsteil des Gräflich Arco-Zinneberg'schen Forstamts nicht nur verschiedene Baumarten, sondern auch unterschiedliche Bestandesvarianten der Baumarten berücksichtigt. Diese unterschieden sich durch die Verjüngungsart (künstlich, natürlich) oder im Fall der Nadelbaumarten die Astung. Tab. 1 zeigt die berücksichtigten Bestandesvarianten, die sich nach den Vorgaben und Gegebenheiten des untersuchten Forstbetriebes richteten. Auf diese Weise sollte ermittelt werden, ob es finanziell vorteilhaft wäre, bestimmte Baumarten durch Pflanzung zusätzlich einzubringen und Nadelholzbestände in bestimmtem Umfang zu asten.

Die Bestände mit Naturverjüngung wurden für die Baumarten berücksichtigt, die bereits in ausreichendem Umfang auf den Flächen des Betriebes zu finden sind. Ihr Anteil wurde auf das Anfangsniveau (Stand der letzten Forsteinrichtung) begrenzt. Nur mithilfe der gepflanzten Varianten konnte der Anteil der jeweiligen Baumarten in der Optimierung erhöht werden, allerdings wurden dann hierbei zusätzliche Kulturkosten angesetzt. Die Kiefer wurde vom Betrieb nicht gepflanzt und daher in vorliegender Untersuchung nur mit Naturverjüngung berücksichtigt. Die Fichtenanteile sollen nach Angaben des Forstbetriebes nicht erweitert, sondern eher reduziert werden. Der Grund liegt vor allem in der ebenfalls berücksichtigten dritten Variante der Fichte (Fi RED) mit einem geringeren Wachstum, welche von der Fichtenblattwespe befallene Bestände abbildet. Bei diesen wurde auf eine Variante mit Astung verzichtet, da die Astung nur auf Standorten ohne hohes Risiko empfohlen wird [7]. Die „normalen“ Fichtenbestände konnten nur maximal den Anteil bekommen, der von den Revieren außerhalb des Befallsgebietes eingenommen wird (hier maximal 16 % am Portfolio).

Die im Laufe des Bestandeslebens anfallenden Ausgaben der einzelnen Bestandesvarianten für Begründung, Pflege und As-

tung wurden ebenfalls nach Angaben des Forstbetriebes berücksichtigt (vgl. Tab. 2).

Ausgehend von den naturalen und finanziellen Eingangsgrößen wurden in der Monte-Carlo-Simulation dann die Risikogrößen „schwankender Holzpreis“ und „Bestandesausfall durch Kalamität“ integriert. Zur Verdichtung der ermittelten Zahlungsströme zu einer Annuität wurde ein Zinssatz von 1 % verwendet. Im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation wurden ebenso finanziell optimale Umtriebszeiten ermittelt, das Bestandesalter, bei dem die mittlere Annuität am höchsten ist. Auf Basis dieser Umtriebszeiten wurde eine erneute Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Die Häufigkeitsverteilung der dann kalkulierten Annuitäten diente als Grundlage für die Portfoliooptimierung.

## Ergebnisse

Die Darstellung von mittlerer Annuität und deren Standardabweichung der Bestandesvarianten, ermittelt in der Monte-Carlo-Simulation, zeigt, dass die Fichten- und Douglasienbestände die höchsten Annuitäten erreichen, jedoch verbunden mit großer Standardabweichung (vgl. Abb. 1). Diese ist bei den anderen Bestandesvarianten geringer, jedoch erzielen diese Bestände im Mittel auch eine geringere Annuität. Die dargestellte Kurve beschreibt die Portfolios, die sich bei bestimmten Annuitäten bzw. für bestimmte Standardabweichungen ergeben.

Alle Einzelbestände weisen eine Standardabweichung auf, die oberhalb der effizienten Portfolios liegen. Daran sind die Diversifikationseffekte durch die Mischungsbildung erkennbar. Betrachtet man beispielsweise den natürlich verjüngten Eichenbestand, der eine Annuität von circa 170 €/ha\*a bei einer Standardabweichung von 50 €/ha\*a aufweist, so existiert für ihn ein Portfolio, das bei der selben Annuität ein stark reduziertes Risiko von etwa 19 €/ha\*a hat (Abb. 1). Desweiteren existiert ein Portfolio, das bei gleicher Standardabweichung wie der des betrachteten Eichenbestandes einen 2,3fach höheren Ertrag von etwa 400 €/ha\*a erzielt.

Das Risikominimum der EP in Abb. 1, also das Portfolio, welches die geringste Standardabweichung zeigt, erzielt eine Annuität von 77 €/ha\*a bei einer Standardabweichung von 12 €/ha\*a. Die Anteile dieses Portfolios verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Baumarten: Fichte 2 % (davon 1 % Fichte, wachstumsreduziert), Douglasie 2 %, Lärche 47 %, Kiefer 6 %, Buche 15 %, Eiche 5 %, Edellaubholz 13 %, Erle 10 %. Dieses Portfolio, hier als finanziell risikominimales Bestockungsziel

Die Anwendung der Portfoliotheorie zur Ableitung eines Allgemeinen Bestockungsziels kann im Wesentlichen in sechs Schritten umgesetzt werden.

- 1) Festlegung der Bestandesvarianten, die in die Optimierung einfließen sollen, in Abhängigkeit der Ziele und aktuellen Bedingungen im Forstbetrieb.
- 2) Simulation der Naturaldaten der Bestände mithilfe eines Waldwachstumssimulators, beispielsweise SILVA ([14]).
- 3) Sortierung der ermittelten Holzvolumina, orientiert an typischen Aushaltungskriterien im Forstbetrieb. Im Fall geasteter Bestände sollte die Aushaltung eines Wertholzsortiments berücksichtigt werden.
- 4) Bewertung der Sortimente mit Holzpreisen abzüglich sortimentspezifischer Holzernkosten. Ausgehend von den bewerteten Sortimenten und Ausgaben während des Bestandeslebens (Begründung, Pflege, Astung) können mögliche Zahlungsströme für die betrachteten Bestandesvarianten berechnet und unter Zugrundelegung eines bestimmten Zinssatzes in Annuitäten umgewandelt werden (vgl. CLASEN, S. 18 in dieser Ausgabe).
- 5) Integration der Risiken im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation. Hierbei werden in einer großen Anzahl an Wiederholungen verschiedene mögliche Entwicklungen der einzelnen Bestände simuliert, in Abhängigkeit von Holzpreisschwankungen und dem Auftreten von Kalamitäten. Holzpreisschwankungen werden berücksichtigt, indem aus vergangenen Holzpreisentwicklungen zufällig Holzpreisjahrgänge gezogen werden (Bootstrapping, [3]). In der Monte-Carlo-Simulation wird so in 5-Jahresintervallen mithilfe eines zufälligen Holzpreisjahrgangs eine Neubewertung des Bestandes durchgeführt und entschieden, ob eine Kalamität stattfindet oder nicht. Das Auftreten einer Kalamität wird über altersabhängige Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Baumarten berücksichtigt [3]. Im Falle einer Kalamität wird der Abtriebswert des Bestandes ermittelt und um die Hälfte reduziert, um eine verminderte Holzqualität, höheren Ausschuss, höhere Erntekosten und den Preisverfall nach Kalamitäten mit einfließen zu lassen [1, 2, 9]. Zudem wird eine sofortige Neubegründung des Bestandes unterstellt, deren Ausgaben aufgrund erschwerter Pflanzung um 10 % erhöht werden. Im Fall der natürlich verjüngten Bestandesvarianten werden 50 % der Begründungsausgaben des künstlich verjüngten Bestandes dieser Baumart angesetzt, um nötige Ergänzungspflanzungen auf der Hälfte der Fläche zu berücksichtigen.
- 6) Analyse der Annuitätenverteilung der einzelnen Bestandesvarianten aus den Wiederholungen der Monte-Carlo-Simulation nach Risikokennzahlen, zum Beispiel Mittelwert und Standardabweichung. Die Bildung eines optimalen Portfolios geschieht in Abhängigkeit der Risikokennwerte der Einzelbestände.

Tab. 1: Portfoliooptimierung					
Abkürzung	Bestandesvariante				
	Baumart	Begründung	Astung	Sonstiges	maximal
Fi (N)	Fichte	Naturverjüngung	-		16 %
Fi (N, A)		Naturverjüngung	ja		
Fi (N, RED)		Naturverjüngung	-	wachstumsreduziert	33 %
Dgl (P)	Douglasie	Pflanzung	-		-
Dgl (P, A)		Pflanzung	ja		-
Lä (P)	Lärche	Pflanzung	-		-
Lä (P, A)		Pflanzung	ja		-
Kie (N)	Kiefer	Naturverjüngung	-		6 %
Kie (N, A)		Naturverjüngung	ja		-
Bu (P)	Buche	Pflanzung	-		-
Bu (N)		Naturverjüngung	-		13 %
Ei (P)	Eiche	Pflanzung	-		-
Ei (N)		Naturverjüngung	-		8 %
ELh (P)	Edellaubholz (Ahorn, Esche)	Pflanzung	-		-
ELh (N)		Naturverjüngung	-		6 %
Er (P)	Erle	Pflanzung	-		-

In der Portfoliooptimierung berücksichtigte Bestandesvarianten und maximaler Anteil der natürlich verjüngten Varianten am zu optimierenden Portfolio, orientiert an der letzten Forsteinrichtung des Betriebes.

Tab. 2: Ausgaben während des Bestandeslebens und optimale*) Umtriebszeiten				
Bestandesvariante	Begründung	Pflege	Astung	Umtriebszeit
	Kosten [€/ha]	Kosten [€/ha]	Kosten [€/ha]	Zinssatz 1 %
	(Pflanzen/ha)	(Alter)	(Alter)	
Fi (N)	-		-	60
Fi (N, A)	-	280 (15), 120 (25)	600 (20)	65
Fi (N, RED)	-		-	65
Dgl (P)			-	80
Dgl (P, A)	2 870 (2 000)	220 (10, 15)	260 (10), 220 (20)	75
Lä (P)			-	95
Lä (P, A)	2 510 (2 000)	220 (10, 20)	220 (25)	95
Kie (N)	-		-	120
Kie (N, A)	-	220 (15, 25)	220 (20)	105
Bu (P)	6 449 (6 500)	250 (15), 190 (25)	-	135
Bu (N)	-		-	130
Ei (P)	7 211 (6 500)	250 (15), 180 (30)	-	145
Ei (N)	-		-	145
ELh (P)	5 576 (5 000)	310 (15), 160 (25)	-	115
ELh (N)	-		-	115
Er (P)	5 413 (5 000)	310 (15), 160 (25)	-	100

\*) ermittelt in einer Monte-Carlo-Simulation unter Berücksichtigung von 1 % Zins

bezeichnet, besteht somit aus 57 % Nadelholz und 43 % Laubholz. Dominiert wird das Portfolio durch die Lärchenbestände, was neben einem gering schwankenden Holzpreis im Betrachtungszeitraum auch daran liegt, dass die Anteile dieser Bestände, z.B. im Gegensatz zur ebenfalls relativ risikoarmen Kiefer, in der Optimierung nicht begrenzt wurden (vgl. Tab. 1). Die Fichten- und Douglasienbestände verfügen zwar über hohe Erträge, diese sind jedoch auch starken Schwankungen ausgesetzt, wodurch diese Varianten nur sehr gering an diesem risikominimalen Portfolio beteiligt sind. Vor allem die Anteile der Buche und des Edellaubholzes (Ahorn und Esche), jeweils als natürlich verjüngte Variante in der Optimierung mit maximal 13 % bzw. 6 % (vgl. Tab. 1) beschränkt, können trotz notwendiger Ausgaben für die Pflanzung noch ausgeweitet werden. Die Astung wäre in diesem Portfolio auf 50 % der Douglasienfläche sowie auf jeweils einem Drittel der Lärchen und der Kiefernfläche empfehlenswert.

Bei diesem Portfolio sollte bedacht werden, dass diese Mischung ausdrücklich nur für einen bestimmten Forstbetrieb berechnet wurde. In anderen Wuchsgebieten oder in Betrieben mit einer anderen Ausgangssituation und Zielsetzung würde dieses Portfolio von dem hier dargestellten abweichen. Andererseits wurde hier das Risikominimum in der Portfoliooptimierung angestrebt. Würde beispielsweise der Waldbesitzer ein höheres Risiko akzeptieren, um einen höheren Ertrag zu erzielen, würde man möglicherweise unter Zugrundelegung eines anderen Optimierungskriteriums zu einem Portfolio mit mehr ertragsstarken Baumarten gelangen (z.B. Fi, Dgl).

## Risikoberücksichtigung in strategischen Entscheidungen

Mit dem Begriff des Risikos ist in dieser Betrachtung die Standardabweichung der Annuitäten aus der Monte-Carlo-Simulation gemeint. Obwohl somit auch positive Abweichungen als „Risiko“ berücksichtigt werden, ist diese Art der Berechnung verständlich und praktikabel, ebenso wie die Ermittlung des Risikominimums als Kriterium für die Wahl des optimalen Portfolios.

Je nach Waldbesitzer ist jedoch nicht nur das absolute Risikominimum der Baumartenausstattung entscheidend, sondern auch die Erzielung eines bestimmten Ertrages [3, 15]. So gibt es auch verschiedene weitere Kriterien Portfolios zu berechnen, die auch die Ertragserzielung mit berücksichtigen [4, 5, 8, 10, RÖBIGER et al., S. 6 in dieser Ausgabe]. Zur Klärung der Frage, welches Portfolio die Ansprüche eines Waldbesitzers am besten erfüllt und nach welchem Kriterium dieses bestimmt wird, gilt es mit dem Waldbesitzer genau festzulegen, welches Betriebsziel und welches Risikoverhalten er hat: Risikoindifferenz, Risikovermeidung bzw. -minimierung, Risikofreude oder die Optimierung eines bestimmten Verhältnisses von Risiko und Ertrag. So würde beispielsweise das Ziel, höhere Erträge bei möglichst geringem, jedoch nicht notwendigerweise minimalem Risiko zu erwirtschaften, ein optimales Portfolio zur Folge haben, in dem ertragsstarke Baumarten (z.B. hier Douglasie und Fichte) höhere Anteile erhalten zulasten derer mit geringem Ertrag und Risiko (z.B. hier Lärche).

Generell ist durch das hier vorgestellte Verfahren zur Anwendung der Portfoliotheorie eine objektive Entscheidung für

die Baumartenwahl auf Betriebsebene möglich. Das so ermittelte allgemeine Bestockungsziel für einen Forstbetrieb trägt zum einen dem ökonomischen Anspruch Rechnung und berücksichtigt zum anderen das finanzielle Risiko der einzelnen Baumarten. Bei der Herleitung vor allem der Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Baumarten, bedingt durch den Klimawandel, besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf. Vor allem im Zuge des Klimawandels ist die Integration des Risikos unerlässlich um zu entscheiden, in welchem Maß und auf welche Komponenten Risiken gestreut werden sollten, um sich Flexibilität zu bewahren [12].

### Literaturhinweise:

- [1] BEINHOFER, B. (2008): Zum optimalen Einschlagszeitpunkt von Fichtenbeständen. Forst- und Jagdzeitung, 179. Jg, Nr. 7, S. 121-132.  
 [2] BEINHOFER, B. (2009): Zur Anwendung der Portfoliotheorie in der Forstwissenschaft. Finanzielle Optimierungsansätze zur Bewertung von Diversifikationseffekten. Dissertation, Freising. [3] BEINHOFER, B. (2010): Finanziell vorteilhafte Douglasienanteile im Baumartenportfolio Forstarchiv, 81. Jg., Nr. 6, S. 255-265. [4] BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2011): Finanziell vorteilhafte Douglasienanteile. AFZ-DerWald, Nr. 6, S. 12-14. [5] BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2011): Vorteilhafte Douglasienanteile unter variierenden Rahmenbedingungen. AFZ-DerWald Nr. 6, S. 15-17. [6] BStELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1982): Richtlinien für die mittel- und langfristige Forstbetriebsplanung in der bayerischen Forstverwaltung. Forsteinrichtungsrichtlinie – FER. [7] BStELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1999): Richtlinie zur Wertastung und zur Pflege von Astungsbeständen. [8] CLASEN, C.; KNOKE, T. (2009): Entmischung von Baumarten durch Wildverbiss und mögliche finanzielle Konsequenzen. AFZ-DerWald, Nr. 21, S. 1145-1147. [9] DIETER, M. (1997): Anwendung von Modellen zur Entscheidung unter Risiko auf betriebliche Fragestellungen. Dargestellt am Beispiel des Voranbaus in Fichtenreinbeständen, Bd. 16, J. D. Sauerländer's, Frankfurt/M. [10] KNOKE, T. (2008): Mixed Forests and Finance. Methodological Approaches. Ecological Economics, 65. Jg., Nr. 3, S. 590-601. [11] KNOKE, T. (2008): Zur Rolle der Douglasie in einem finanziell optimierten Baumarten-Portfolio. LWF Wissen Nr. 59, S. 83-87. [12] KÖLLING, C.; BEINHOFER, B.; HAHN, A.; KNOKE, T. (2010): „Wer streut, rutscht nicht“. AFZ-DerWald, Nr. 5, S. 18-22. [13] MARKOWITZ, H. (1952): Portfolio Selection. The Journal of Finance 7, S. 77-91. [14] PRETZSCH, H.; BIBER, P.; DURSKÝ, J. (2002): The Single Tree-based Stand Simulator SILVA: Construction, Application and Evaluation Forest Ecology and Management, 162 (1), S. 3-21. [15] WEBER, M. (2002): Portfeuille- und Real-Optionspreis-Theorie und forstliche Entscheidungen., Bd. 23, J.D. Sauerländer's, Frankfurt/M.