

Sonderdruck  
aus

**AKTUELLE PROBLEME  
DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERSUCHSWESENS**

im Eigenverlag der  
Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt Linz/D.  
1965

---

**Prüfen mit und ohne Eingriff**  
Ferrari Th. J.

Überreicht vom Verfasser

*Veröffentl. Landwirtsch. Chem. Bundesversuchsanst. Linz/  
Donau 6 (1965) 25-32.*

## Inhalt

In der Broschüre sind folgende Beiträge veröffentlicht:

	Seite
Ehrendorfer, K.: Die Entwicklung des landw. Versuchswesens.....	1
Ferrari, Th. J.: Prüfen mit und ohne Eingriff .....	25
Ferrari, Th. J.: Die Methode der Pfadkoeffizienten .....	59
Lengauer, E.: Das Eliminieren der unabhängigen Variablen aus Regressionen .....	33
Roppert, J.: Beispiele moderner Verfahren in der Biostatistik ..	21
Schiller, H.: Aktuelle Probleme des landw. Versuchswesens .....	9
Schiller, H.: Koreferat zu „Probleme bei Anwendung der Faktorenanalyse“ .....	53
Schmetterer, L.: Möglichkeiten der Bearbeitung biolog. Probleme ..	16
Voak, H.: Probleme bei der Anwendung der Faktorenanalyse	46
Allgemeine Diskussion .....	67

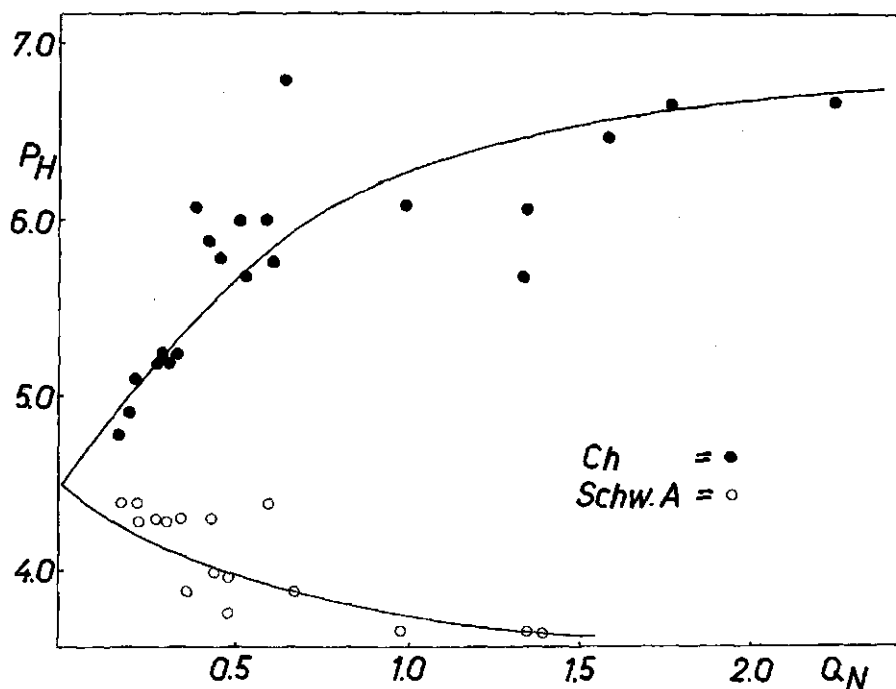
## Prüfung mit und ohne Eingriff

Von Th. J. Ferrari

### Versuche ohne Eingriff

Man bedenkt selten, daß die Untersuchung der landwirtschaftlichen Erscheinungen eine eigene Betrachtungsweise und eine eigene Methodik fordert. Von Anfang an hat man sich in der landwirtschaftlichen Forschung den Auffassungen der Naturwissenschaften angeschlossen. Der übliche Feldversuch gründet sich denn auch auf die aus den Naturwissenschaften stammende Methode, einen Faktor zu ändern und die anderen Faktoren konstant zu halten und hierauf zu beobachten, ob diese Änderung eine entsprechende Änderung des Ertrages zur Folge hat. Wir wissen jetzt, daß die landwirtschaftlichen Erscheinungen komplex sind und daß man bei der Manipulation der Faktoren bestimmten Schwierigkeiten begegnet. Die Methode mit einem künstlichen Eingriff entspricht in der landwirtschaftlichen Forschung nicht immer den Erwartungen. In vielen Fällen wird die andere Methode, bei der man die in der Natur vorhandene Variation benutzt, sich besser bewähren.

Das folgende Beispiel konfrontiert uns direkt mit dem sogenannten Versuch ohne Eingriff. Man hatte das folgende Problem: Aus einer Anzahl mehrjähriger Versuche waren die Änderungen des pH bekannt, die der Boden durch fortgesetzte Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak oder mit Chilesalpeter erfahren hatte. Die Auswertung zeigt, daß diese Änderungen nicht gleich groß waren. Auf einigen Versuchen war das pH durch Chilesalpeter stark gesteigert, andere Versuche zeigten nur eine kleine Steigerung. Es hatte keinen Sinn, eine Berechnung der durchschnittlichen Änderung durchzuführen, weil eine Empfehlung auf dieser Basis für den Bauern wegen der großen Einzelabweichungen nichts bedeutet hätte. Man hatte dann den guten Gedanken, eine bestimmte Bodeneigenschaft als Ursache für diese Unterschiede zwischen den Versuchen anzunehmen und die Ergebnisse der Versuche aus diesem Gesichtspunkt miteinander in Zusammenhang zu bringen. In diesem Falle wurde als kausaler Faktor die sg.  $Q_n$  angenommen, das ist das Verhältnis zwischen der Menge Stickstoff pro ha und der Menge Humus pro ha in der Krume. Man konnte auf Grund bestimmter Erwägungen über das erreichte End-pH einen solchen Einfluß erwarten. Tatsächlich wurde ein deutlicher Zusammenhang zwischen  $Q_n$  einerseits und den Änderungen des pH andererseits gefunden (Abb. 1). Hiermit war die Hypothese über die Bedeutung der organischen Substanz für das End-pH gefunden, womit es möglich geworden war, die Bauern hierüber zu beraten.



Diese Prüfung der Bedeutung des Humus war möglich, weil es gar nicht nötig ist, die Hypothese mit empirischen Daten zu prüfen, die durch einen künstlichen Eingriff erhalten worden sind. Unter dem Einfluß der Naturwissenschaften sind zwar viele Forscher der Meinung, daß das Experiment mit Eingriff die einzige Methode ist; das Wort „Experiment“, dem lateinischen Verbum „experimenti“, d. h. prüfen, entlehnt, bedeutet heute schon „Manipulation“. Es hat sich nämlich in den Naturwissenschaften besonders fruchtbar gezeigt, Hypothesen mit Daten zu prüfen, die künstlich erzielt worden sind und besonders, indem ein Faktor bei Konstanthaltung aller anderen Faktoren variiert wird (das sg. Ceteris-paribus-Prinzip).

Jedoch hängt jede Erklärung einer Erscheinung oder eines Prozesses zusammen mit der Bildung einer Hypothese und mit der darauffolgenden Prüfung dieser Hypothese durch einen Vergleich mit der Wirklichkeit (1). Für die Logik des Experiments ist es nicht entscheidend, ob diese Prüfung durchgeführt wird mit Daten, die künstlich mit Eingriff oder die ohne Eingriff erhalten worden sind. Dieser Unterschied ist nicht prinzipiell und beide Methoden haben Vorteile und Nachteile. Jedenfalls beabsichtigt man im Versuch mit Eingriff, die für die Schlußfolgerung störenden Einflüsse anderer Faktoren durch Manipulation zu beseitigen; im Versuch ohne Eingriff versucht man dagegen, die störenden Einflüsse durch die Auswertung zu eliminieren.

Wir kommen jetzt zurück auf die eben besprochene Auswertung einer Versuchsserie. Es gibt eine wichtige Forschungsrichtung, die die Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Versuche mehr in der Unzuverlässigkeit der Daten sucht. Man versucht dann die Signifikanz der Ergebnisse eines Versuches oder einer Versuchsserie durch Verfeinerung der Versuchsanlage und -auswertung zu vergrößern. Die meist bekannte Methode ist zweifelsohne die Varianzanalyse von Fisher. Das vorhin besprochene Beispiel über Humus und pH ist aber der Anfang einer Forschungsrichtung gewesen (3), die die Unterschiede zwischen den Versuchen als wesentlich betrachtet hat. Sie versucht immer die Faktoren zu finden, die verantwortlich für die Unterschiede sind und betrachtet die Probleme als mehrdimensional (2).

Die Tatsache, daß man die Unterschiede erklären will, hat als Konsequenz, daß man immer viele Faktoren zugleich untersuchen muß und daß die Auswertung verwickelt und schwierig wird. Man kann übrigens so weit gehen, daß Untersuchungen durchgeführt werden können, bei denen kein Faktor künstlich geändert wird. Man verläßt dann völlig die üblichen Versuchsmethoden und die Daten werden aus planmäßig gestreuten Teilstücken erhalten (2). Man versucht z. B. mittels einer Regressionsanalyse, eine Erklärung für die Ertragsunterschiede zwischen den Teilstücken zu finden.

Diese kurze Beschreibung darf genügen, um einen Eindruck von einer Prüfung ohne Eingriff zu erhalten. Die Anwendung dieses Versuches ohne Eingriff bringt bestimmte Gefahren und Schwierigkeiten mit sich, die der Forscher kennen muß. Übrigens soll man die Beschränkungen eines Versuches mit Eingriff auch nicht unterschätzen. Wir können die Schwierigkeiten am besten demonstrieren durch einen Vergleich beider Methoden. Wenn im folgenden die zwei Methoden miteinander verglichen werden, muß man erwägen, daß es nicht um absolute Gegensätze zwischen den Methoden geht. Diese sind nicht vorhanden. Es ist ja so, daß die eine Methode mehr Gesichtspunkt a betont, jene Methode mehr Gesichtspunkt b. Die Unterschiede sind relativ, es geht meistens um „mehr oder weniger“. Es ist auch so, daß man bei der Anwendung einer Methode mehr als bei Anwendung der anderen Methode zu einer bestimmten Richtung hinneigt.

### **Die wichtigsten Eigenschaften und Unterschiede**

Erstens gibt es einen Unterschied zwischen den beiden Methoden in dem Maße, als Theorie und Hypothese den Versuchsinhalt verschieden stark bestimmen. Diese spielen im Versuch mit Eingriff im allgemeinen eine große Rolle. Ohne eine entsprechende Hypothese ist es schwierig, ein gutes Experiment aufzustellen. Im Versuch ohne Eingriff spielt eine weitgehend entwickelte Hypo-

these, besonders am Anfang, eine viel geringere Rolle. Man darf aber nicht sagen, daß der Forscher bei der Aufstellung eines Versuches ohne Eingriff überhaupt keine Hypothese hat, er wartet nur etwas mehr ab. Außerdem ist es bei landwirtschaftlichen Problemen oft schwierig, eine weitgehend entwickelte Hypothese aufzustellen. Irgendeine Hypothese gibt es natürlich immer, die mehr oder weniger einfach formuliert werden kann. Unsere Kenntnis der Wirklichkeit ist meistens zu gering, um mit dieser Formulierung weit gehen zu können. Es ist dann besser, nicht zu viele Annahmen zu machen und ein Modell anzuwenden, das genügend anpassungsfähig ist, um in verschiedenen Richtungen ausgearbeitet zu werden. Als Beispiele nennen wir die Modelle der Regressionsanalyse und der Aspekten-(Faktoren-)analyse; die graphische Analyse hat hierbei eine größere Anpassungsfähigkeit als die numerische.

Man ist also im Versuch ohne Eingriff viel weniger an vorher aufgestellte Hypothesen, z. B. über die mitspielenden Faktoren, gebunden. Dies kann ein großer Vorteil sein. In diesem Zusammenhang könnte man sich fragen, wie oft eine vorgefaßte Meinung den Fortschritt unserer Kenntnisse nicht schon gehemmt hat. Man soll nicht vergessen, daß der Forscher sich gerade durch die Hypothese und durch die damit zusammenhängende Versuchsanlage viele Möglichkeiten sperrt. Er muß stark auslesen und isolieren, sodaß alle Aufmerksamkeit auf die angenommenen Einflüsse fällt. Ist es nicht auffallend, daß große Entdeckungen so oft durch Zufall gemacht werden? Der Forscher dagegen, der ohne Eingriff seine Beobachtungen durchführt, hat viel mehr Möglichkeiten. Im Versuch mit Eingriff ist die Wahl der zu untersuchenden Variablen, deren Zahl nur gering sein kann, recht willkürlich. Sie hängt zusammen mit Theorien und Hypothesen, die im voraus entwickelt worden sind.

Dem gegenüber steht, daß das Fehlen einer ausgearbeiteten Hypothese im Versuch ohne Eingriff eine große Gefahr mit sich bringt. Man prüft dabei jede mögliche Hypothese, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen. Der Zufallscharakter der Beobachtungen hat hierbei zur Folge, daß man statistisch gesicherte Einflüsse von Faktoren finden kann, die nur durch Zufall entstanden sind. Dies erfordert einen schwereren statistischen Test, es sei denn, daß andere Argumente die Ergebnisse stützen. Es ist jedoch viel besser, die Untersuchung aufs neue durchzuführen, wobei die schon erzielten Ergebnisse als neue Hypothese dienen. Neue Untersuchungen kosten Geld, sodaß der Forscher oft nicht die Gelegenheit hat, diese Untersuchung durchzuführen. Eine zweite Möglichkeit ist, die Daten in zwei Gruppen einzuteilen. Die mit der ersten Gruppe erworbene Hypothese kann dann mit den Daten der zweiten Gruppe geprüft werden.

Ein weiterer Unterschied beruht auf der Tatsache, daß man in der landwirtschaftlichen Forschung oft mit Faktoren zu tun hat, die nicht oder schwierig zu ändern sind. Eine Prüfung mit Eingriff ist dadurch schwierig oder unmöglich.

Wie sollen die Einflüsse von Ton- und Humusgehalt, Struktur und Grundwasserspiegel auf den Ertrag untersucht werden? Ein Versuch ohne Eingriff, wobei die in der Natur gegebene Variation benutzt wird, bietet die Möglichkeit, auch diese Faktoren zu untersuchen. Der größte Teil der niederländischen Kenntnisse über die Bedeutung der Bodenfruchtbarkeit, des Profils, des Grundwassers usw. ist auf diese Weise erworben worden.

Wie wir gesehen haben, hat der Versuch ohne Eingriff die Möglichkeit, Modelle zu prüfen, in welche viele Faktoren aufgenommen sind. Ein Bedenken gegen die Prüfung ohne Eingriff ist für viele Forscher die im allgemeinen schwierige Auswertung der Versuchsergebnisse, verursacht durch die große Anzahl der in Betracht genommenen Faktoren. Diese Auswertung ist eine große Schwierigkeit. Eine richtige Beurteilung der Auswertungsergebnisse erfordert sowohl eine große Fachkenntnis als auch große Kenntnisse in dem Auswertungsverfahren, eine Kombination, die in einer Person meist nicht vorhanden ist. Diese Notwendigkeit besteht viel weniger für Versuche mit Eingriff, die vielfach mit der Varianzanalyse ausgewertet werden. Mit der Anwendung dieser Varianzanalyse hängt auch der folgende Unterschied zusammen: Im Versuch ohne Eingriff ist nebst der Beantwortung der Frage, welche Faktoren eine Rolle spielen, auch die Bestimmung des quantitativen Aspekts wichtig. Man versucht immer, die Größe der Einflüsse in einem Maß festzulegen. Man neigt bei der Prüfung mit Eingriff mehr dazu, das Problem qualitativ zu stellen. Man fragt: sind die Beobachtungen in Übereinstimmung mit der Hypothese, ja oder nein? Der Gebraucher der Varianzanalyse betrachtet im allgemeinen die Bestimmung der Signifikanz und die Erhöhung der Genauigkeit mehr als Ziel statt als Mittel. Diese starke Betonung der Signifikanz veranlaßt den Forscher mehr zu qualitativen als zu quantitativen Aussagen.

Die Absicht des Eingriffes ist die Beseitigung der für die Beantwortung der gestellten Frage störenden Einflüsse der nicht zu untersuchenden Faktoren. Der Ceteris-paribus-Annahme gemäß werden diese anderen Faktoren durch den Eingriff nicht geändert. Es gibt hierbei einige Fragen. Die Konstanthaltung der nicht zu untersuchenden Faktoren bringt oft mit sich, daß das System unter unnatürlichen Umständen untersucht wird, unter Verhältnissen, die in der Natur nicht vorkommen. Der Forscher soll dieses Bedenken nicht leicht nehmen. Besonders für eine Wissenschaft mit angewandtem Charakter kann dies Folgen für die Anwendbarkeit der erworbenen Resultate haben. Eine zweite Schwierigkeit ist, daß die Ceteris-paribus-Annahme oft gerade durch den Eingriff aufgehoben wird. Um ein Beispiel zu nennen: Aus der Tatsache, daß Kalkung des Bodens den Ertrag gesteigert hat, darf man nicht schließen, daß die Pflanzen in der Tat Kalk nötig haben. Es ist möglich, daß eine durch die Kalkung bewirkte bessere Luft- und Wasserernährung die Ursache der Ertragssteigerung gewesen ist.

Das schwierigste Problem bei der Prüfung ohne Eingriff bleibt die Ausschaltung der Einflüsse störender Faktoren. Bei der Prüfung ohne Eingriff versucht man diese Ausschaltung vornehmlich durch die mathematische Analyse zu erreichen. Immer muß das Möglichste getan werden, um keine falschen Schlussfolgerungen zu ziehen. Dies erfordert mathematische Kenntnisse und langwierige Berechnungen, was die Methode weniger beliebt macht und dazu führt, daß die Analyse zu früh unterbrochen wird. Der Versuch mit Eingriff hat hier einen Vorsprung. Man darf jedoch sagen, daß die neuesten Entwicklungen in der mathematischen Analyse dem Forscher bei der Prüfung ohne Eingriff auch größere Möglichkeiten bieten. Andererseits sind die Beurteilung und die Bewertung der Methoden und Ergebnisse schwieriger geworden.

Neben den bekannten numerischen und graphischen Regressionsanalysen stehen uns heute vornehmlich zwei andere Methoden zur Verfügung, nämlich die Aspektenanalyse und die Methode der Pfadkoeffizienten. Wie bekannt, benutzt die Regressionsanalyse ein mehrdimensionales Modell, worin lineare und nichtlineare Zusammenhänge zwischen dem Effekt und den unabhängigen Variablen angenommen werden können. Auch hier gilt die *Ceteris-paribus*-Annahme, d. h. eine Änderung eines Faktors verursacht keine Änderung der anderen Faktoren. Wie wir schon betont haben, entspricht diese Annahme oft nicht der Wirklichkeit; das Modell ist dann falsch.

Mehr Möglichkeiten bietet die Aspektenanalyse, die als Ausgangspunkt auch das mehrdimensionale Modell hat und worin die Ursachen auf einige kausale Aspekte zurückgeführt werden. Eine Annahme über die gegenseitigen Beeinflussungen der Variablen braucht man nicht zu machen. Die Auswertungsergebnisse suggerieren eine mehr spezifizierte Hypothese. Die Analyse ist darum besonders geeignet, um Hypothesen zu prüfen und auch neue Hypothesen zu suggerieren.

Eine Methode, die einigen der genannten Bedenken zuvorkommt, ist die Methode der Pfadkoeffizienten. Auch für diese Methode können Daten gebraucht werden, die mit Eingriff und ohne Eingriff erzielt sind. Kennzeichnend ist die Möglichkeit, eine im Detail ausgearbeitete Hypothese über die kausalen Beziehungen zu prüfen und zu schätzen. Ihr Vorteil ist, daß die *Ceteris-paribus*-Annahme nicht mehr notwendig ist.

Zum Zweck eines übersichtlichen Vergleiches sind die Eigenschaften und die Vor- und Nachteile beider Prüfungsmethoden in einer Tabelle nebeneinander gestellt. Die Reihenfolge der Punkte ist nicht ihrer angenommenen Wichtigkeit, sondern ihrer logischen Aufeinanderfolge in der Untersuchung gemäß. Ich betone nochmals, daß ein absoluter Vorzug nicht besteht. Keine Methode ist



ideal. Die Wahl, welche Methode angewendet werden soll, hängt besonders von den Problemen und vom Forscher ab. Jeder Forscher soll für jedes Problem die Vor- und Nachteile miteinander vergleichen und danach seine Wahl treffen.

### **Prüfung mit Eingriff**

1. Hypothesebildung spielt vorher eine große Rolle; viel Denkwerk. Starke Bindung an Hypothese.
2. Vorherige Wahl der Faktoren notwendig. Beschränkung des Problems und der Anzahl von Faktoren.
3. Nicht manipulierbare Faktoren schwierig zu untersuchen.
4. Prüfung oft unter unnatürlichen Umständen.
5. Versuchsdurchführung erfordert große Aufmerksamkeit und komplizierte Apparatur.
6. Eliminierung der Einflüsse der nicht zu untersuchenden Faktoren durch Eingriff. Versuch setzt die Richtigkeit der Ceteris-paribus-Annahme voraus; diese Annahme ist oft falsch.
7. Geringe Kenntnisse der Auswertungstechnik nötig. Akzent auf Varianzanalyse und Signifikanzberechnung. Qualitative Aussagen.

### **Prüfung ohne Eingriff**

Hypothesebildung spielt eine geringere Rolle. Hypothese folgt mehr aus den Ergebnissen. Geringere Bindung an Hypothese.

Geringerer Nachdruck auf Wahl der Faktoren; keine oder geringe Beschränkung der Anzahl der Faktoren.

Keine Schwierigkeit mit der Untersuchung von nicht manipulierbaren Faktoren.

Prüfung unter natürlichen Umständen.

Nachdruck wird auf die Auswertung der Ergebnisse gelegt, die Auslese der Versuchseinheiten im Hinblick auf die notwendige Variation der Faktoren ist wichtig.

Eliminierung der Einflüsse der anderen Faktoren durch die Auswertung; sie ist durch die vielen Faktoren meistens sehr schwierig. Im Modell wird oft die Ceteris-paribus-Annahme gemacht; diese Annahme ist oft falsch.

Forscher benötigt viele Kenntnisse der Auswertungstechnik. Akzent auf Regressions-, Aspekten- und Pfadanalyse. Qualitative und quantitative Aussagen über Größen der Einflüsse.

- |   |  |
|---|--|
| 8. Unkenntnis der Bedeutung der nicht untersuchten Faktoren.  | Reststreuung stellt die Bedeutung der nicht untersuchten Faktoren fest.  |
| 9. Analytisch eingestellt.  | Synthetisch eingestellt.   |
| 10. Methode besonders in Spezialuntersuchungen angewendet. Übertragung der Resultate in die Praxis schwierig. | Methode besonders in mehr angewandten Untersuchungen benutzt. Größere Möglichkeiten für Übertragung in die Praxis. |

### Literatur

- (1) Ferrari, Th. J.: Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep. Landbouwk. Tijdschrift 72, 792—801, 1960.
- (2) Ferrari, Th. J.: Modelle in der Bodenfruchtbarkeitsforschung und ihre Prüfung. Zeitschr. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 53, 155—168, 1965.
- (3) Ferrari, Th. J.: Towards soil fertility in dimensions. Neth. Journal agric. Sci. 14, 1966 (im Druck).

### Diskussion

- Prof. Zeller: Ich glaube, daß der Ausdruck „Versuch“ oder „Experiment“ ohne Eingriff der Bedeutung des Wortes „Versuch“ nicht entspricht. Im deutschen Sprachgebrauch ist im Begriff „Versuch“ das Manipulieren mit einbezogen.
- Dr. Ferrari: Diese Schwierigkeit gibt es auch in der niederländischen Sprache. Ich habe deshalb den Ausdruck Versuch ohne Eingriff möglichst vermieden und es Prüfen mit und ohne Eingriff genannt, obwohl das Wort Experiment (= Versuch) aus dem Lateinischen kommt und in seiner ursprünglichen Bedeutung soviel heißt wie „prüfen“, also sowohl das Prüfen mit als auch ohne Eingriff umfaßt. Von amerikanischer Seite sind die Begriffe "controlled and uncontrolled experiment" oder "experiment with (manipulative) and without interference (unmanipulative)" vorgeschlagen worden. Ich halte aber die Ausdrucksweise „Prüfen mit und ohne Eingriff“ für besser, um das Wort „Experiment“ zu vermeiden.