

Deep Search Cannot Communicate Callsigns

by Klaus von der Heide, DJ5HG

There has been some discussion on the validity of QSOs which use the deep search decoder of JT65 [1,2,3,4]. The goal of this paper is to explain the basic principle of deep search more intuitively, but without loss of correctness.

1. Discussion of a Specific Situation

We first analyse the situation shown in figure 1: My neighbour's LCD-TV radiates into my EMEarray. The noise seems to be white but it has a slight signature depending on the program he looks at. The noise is fed to the left channel of my sound card. A second receiver for 144 MHz directly takes the noise from my own TV and feeds it to the right channel of the sound card. My computer correlates both channels, i.e. it computes a measure of the similarity of both audio channels. This value is displayed at the correlator, one at a time. If I now scan all the TV programs, I get a corresponding set of similarity values. One of these values will be significantly greater than all others. Therefore I am very confident having found the program my neighbour looks at.

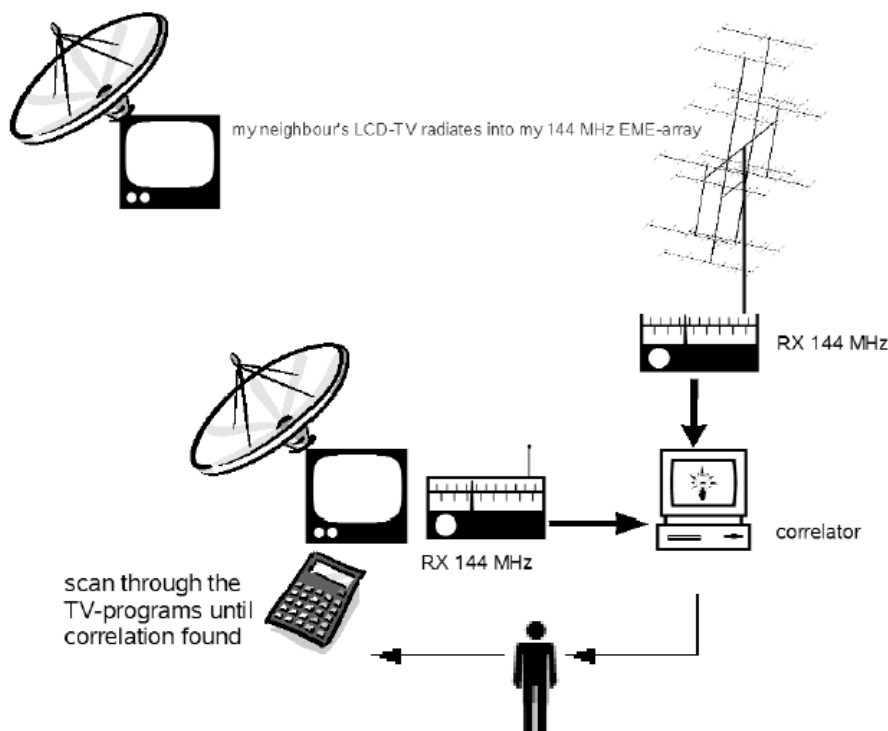


Figure 1. My neighbour's LCD-TV radiates into my EME-array. The noise seems to be white but it has a slight signature depending on the program he looks at. The noise is fed to the left channel of my sound card. A second receiver for 144 MHz directly takes the noise from my own TV and feeds it to the right channel of the sound card. If I now scan all the TV programs, the correlator will measure the similarity of both signals, one at a time. After the scan I choose the TV program that produced the maximum value of similarity. The information flow is indicated by arrows. Please note that information from my EME antenna to my TV screen only flows via my brain and my infra-red remote control.

Now I switch to the program my neighbour probably looks at. This corresponds to the action of displaying the result of the decoder. Where does the information that is displayed on my TV screen come from?

Which way does it go? It clearly comes via my TV dish. But, what comes via my EME antenna? Indeed, what I see on the TV screen fully depends on the signal received on 144 MHz! Obviously there are two different informations: (1) the information coming from the satellite dish which leads to the actual scene on the TV screen, and (2) the information which program to choose. Note that the latter information flows via the infrared remote control. There is no other way from my EME antenna to my TV screen. The amount of information that must be received via the 144 MHz channel to get the right TV channel depends on the number of channels to check. Mathematically it is the base-2-logarithm of the number of channels, i.e. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bits for 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 channels, respectively. So, in the case of 64 different TV programs to check we must receive 6 bits of information to make a confident choice between all these programs. This information has nothing in common with the actual scene on the TV screen.

2. The Case of Deep Search in JT65

To get the case of the deep search decoder, we have to replace four details of figure 1: (1) my satellite dish by the call3.txt database, (2) my TV and associated 144 MHz receiver by the signal generation of JT65 and my computer screen, (3) me and my remote control by the JT65 program loop that automatically scans the possible messages generated from the database, and (4) the satellite dish and TV of my neighbour by the station calling me on 144 MHz using JT65. The general information flow remains the same. As a consequence, what I see as the decoded result on my computer screen comes from the data base, i.e. the callsigns are not received via the radio path. But the decoded result was selected out of a number of possible messages. Since this number is proportional to the length of the call3.txt database, the number of effective lines in this list is a measure of the difficulty of a QSO. As a consequence, deep search does not comply with the classic QSO rules which demand for the reception of the callsigns via the radio path.

3. A Comparison with a Traditional Mode

CW or SSB with the alphabet „Alpha“, „Bravo“, ... are not very different. In that case the receiver does know all Morse characters and the spelled alphabet „Alpha“, ... (that is his „data base“). Receiving a message, the operator has to select the most similar character one after the other. So, the characters and decimal digits are not received. What is received is the actual choice like: the first is most similar to „Delta“, the second is most similar to „Juliet“, the third is most similar to „Five“ etc. The only difference between deep search and the traditional modes is the number of possible choices for the complete message which, as we stated above, is a measure of difficulty. If we use 43 different characters in the Morse code we have 43 choices for each received character. Therefore, there are $43 \cdot 43$ and $43 \cdot 43 \cdot 43$ different messages of two resp. three characters. Table 1 shows the numbers of different messages for the binary case (only the two characters 0 and 1), for the CW case (43 characters), and for the JT65 case (64 characters called symbols here). It is easy to conclude from this table:

(1) A JT65 message (marked bold) contains 12 symbols of an 64-alphabet. This corresponds to a CW message of roughly 13 characters.

(2) The deep search decoder only takes into account about 4096 possible messages. This corresponds to a message of 12 bits in the binary case or to only two symbols of the original JT65 message (only 1/6 of what is sent!) or to less than three CW characters.

An additional feature of deep search is that it by principle cannot communicate more information by repeated transmissions. Once the program is found in the TV case of figure 1, a repetition of the search only can increase the confidence. The same is true for the JT65 deep search. Since a radio amateur cannot arbitrarily change his callsign there is only one legal message to contact a station. A repetition may increase the confidence into the decoded message, but no additional information is received.

Since a QSO with identification of the calls based on deep search usually are pursued by dual-tone short cuts, the total amount of information received at either station is less than 16 bits which is less than necessary to receive a single callsign. On the other hand, the decoding thresholds of JT65 are set such that the mutual identification based on the call3.txt list is more confident than the identification of a callsign in CW at marginal conditions. But getting „HG“ (the two characters only indicate an equivalent to 12 bits) at a confidence of 99.99% is not as good as getting „DJ5HG“ at a confidence of only 99%.

message length	binary case	CW	JT65
1	2	43	64
2	4	1849	4096
3	8	79507	262144
4	16	3418801	16777216
5	32	147008443	1073741824
6	64	6321363049	68719476736
7	128	271818611107	4398046511104
8	256	11688200277601	281474976710656
9	512	502592611936843	18014398509481984
10	1024	21611482313284249	1152921504606846976
11	2048	929293739471222707	73786976294838206464
12	4096	39959630797262576401	4722366482869645213696
13	8192	1718264124282290785243	302231454903657293676544

Table 1. Number of possible messages for the binary case (2 different symbols), the CW case (43 different symbols), and the case of JT65 (64 different symbols). JT65 uses a fixed message of 12 symbols (marked bold in the table). It's number of choices is approximately three times that of a CW message of 13 symbols. The number of possible messages decoded by the deep search decoder is about 4096 which corresponds to a message of two symbols of JT65. A CW message of three symbols already has 79507 possible outcomes, and it, therefore, transports much more information than deep search.

4. A proposal for the Validity-Rules of a QSO

In most sportive disciplines there are clear definitions of the difficulty of actions for example the time to sprint over a distance of 100 m. In ham radio the difficulty of a communication heavily depends on the actual channel and on the amount of information to be communicated via the channel. The simple rule to demand for the exchange of both callsigns may be sufficient for traditional modes. With the advent of advanced digital modes the minimum amount of information should be specified more precisely. The author proposes the following formulation:

A valid contact is one where both operators have

(1) mutually identified each other,

(2) received a report, and

(3) received a confirmation of (a) the successful identification and (b) the reception of the report, and – necessary at one end only - (c) the confirmation.

This formulation avoids the problematic term *copy*. Without losing any confidence in the QSO, it also respects the fact of the large difference between the two calls that in some sense must be received (I do know my own call in advance, only the other call really is new and must be communicated). Of course, the term *identification* has to be quantified. My suggestion is:

The identification process must be based on, or equal to, a decision out of a number of equally likely possible choices that is larger than the number of licensed radio amateurs throughout the world.

This formulation by no means does restrict any future coding schemes. It simply excludes lossy source coding of callsigns, and guarantees fairness. The formulation also solves the well-known problem of the validity of skeds: The decoder must take into account all possible callsigns. If it only looks for the sked partner that renders the contact invalid. The proposal also avoids any formulation directed to digital or analog methods. It is entirely independent from those parameters.

It should be noted that there are more than 6 billion Morse texts of 6 characters to form a callsign. That is a factor of thousand times the value demanded by the above rule. So, traditional modes like CW or SSB comply with the proposed rules. On the other hand, deep search only tries some thousand possible outcomes instead of some million. The striking difference of a factor of one million between traditional modes (and JT65 without DS) on one hand and deep search on the other hand is the reason for the indignation by some amateurs.

5. A Concluding Challenge

If there is any remaining person believing that deep search can communicate an amount of information as specified above (21 bits) please send me the algorithm **A** that encodes arbitrary 21 binary digits (or 4 upper-case characters plus decimal digits) into a JT65 message and the algorithm **B** that reconstructs these 21 bits (or 4 characters) from what is displayed on the screen by the deep search decoder. The search for these algorithm may provide you with deep insight. So it may not be waste of time although the task is proven to be impossible.

Literature

- [1] P. Blair, *EME contacts using digital modes*, DUBUS 34, No 1, p.76, 2005.
- [2] K. von der Heide, *Minimal QSOs and Their Validity*, DUBUS 35, No 1, pp. 38-53, 2006.
- [3] J. Taylor, *How Many Bits Are Copied in a JT65 Transmission?*, DUBUS 35, No 3, pp.64-68, 2006, also printed in EME 2006 conference, Würzburg, 2006
- [4] K. von der Heide, *A Comment on Joe's Paper „How Many Bits are Copied in a JT65 Transmission“*, DUBUS 35, No 4, pp. 62-64.

Deep Search kann Rufzeichen nicht übertragen

von Klaus von der Heide, DJ5HG

Seit der Einführung des Deep-Search-Dekoders von JT65 gibt es eine Diskussion über die Gültigkeit damit erzielter QSOs [1,2,3,4]. Ziel dieser Schrift ist die intuitive und dennoch korrekte Erläuterung der Deep-Search-Methode.

1. Diskussion einer vergleichbaren Situation

Zunächst analysieren wir die in Bild 1 gezeigte Situation: Das TV-LCD meines Nachbarn strahlt in meine EME-Antenne. Das Rauschen scheint weiss zu sein, hat aber eine geringe vom TV-Programm abhängige Signatur. Dieses Rauschen wird dem linken Kanal der Soundkarte zugeführt. Ein zweiter Empfänger für 144 MHz nimmt direkt das von meinem TV-Display erzeugte Rauschen auf und führt dies auf dem rechten Kanal zur Soundkarte. Mein Rechner korreliert beide Kanäle, d.h. er berechnet einen Wert für die Ähnlichkeit des Rauschens der Kanäle. Jeweils der aktuelle Ähnlichkeitswert wird vom Korrelator angezeigt. Wenn ich nun alle TV-Programme der Reihe nach durchprobiere, erhalte ich einen entsprechenden Satz von Ähnlichkeitswerten. Einer dieser Werte wird deutlich größer als die anderen sein. Deshalb bin ich ziemlich sicher, dass der Nachbar das entsprechende Programm anschaut.

Nach dem Scan schalte ich meinen Fernseher auf das Programm, welches der Nachbar mit hoher Wahrscheinlichkeit anschaut. Dies entspricht der Ausgabe des Dekodierresultats. Woher kommt die Information, die nun auf meinem Fernseher zu sehen ist? Welchen Weg geht sie? Natürlich kommt sie von meiner Satelliten-Antenne. Was aber kommt von meiner EME-Antenne? Tatsächlich hängt doch das, was jetzt auf dem Fernseher läuft, vollständig von dem ab, was meine EME-Antenne lieferte! Es gibt hier offenbar zwei Informationen: (1) die von der Satellitenschüssel gelieferte Information, die die aktuelle Szene auf dem Fernseher bestimmt und (2) die Information, die zur Auswahl des laufenden TV-Kanals führte. Letztere Information fließt nur über mich und meine IR-Fernbedienung. Ein anderer Weg von meiner EME-Antenne zu meinem Fernsehschirm existiert nicht. Die Menge an Information, die über die EME-Antenne empfangen werden muss, um den vom Nachbarn benutzten Kanal zu finden, hängt von der Anzahl der zu probierenden TV-Kanäle ab. Mathematisch ist es der Logarithmus zur Basis 2 für die Anzahl der Kanäle, also 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bit für entsprechend 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 Kanäle. Im Falle von 64 TV-Kanälen

ist also eine Informationsmenge von 6 bit zu empfangen. Diese Information hat nichts zu tun mit der aktuell auf dem TV-Schirm dargestellten Szene.

Bild 1 (siehe engl. Text): Das TV-LCD meines Nachbarn strahlt in meine EME-Antenne. Das Rauschen scheint weiss zu sein, hat aber eine geringe vom TV-Programm abhängige Signatur. Dieses Rauschen wird dem linken Kanal der Soundkarte zugeführt. Ein zweiter Empfänger für 144 MHz nimmt direkt das von meinem TV-Display erzeugte Rauschen auf und führt dies auf dem rechten Kanal zur Soundkarte. Wenn ich nun alle TV-Kanäle durchprobiere, erhalte ich der Reihe nach vom Korrelator entsprechend viele Ähnlichkeitswerte. Danach wähle ich das Programm, das den größten Ähnlichkeitswert ergab. Der Informationsfluss ist durch Pfeile angedeutet. Information von meiner EME-Antenne zu meinem TV-Bildschirm kann nur über mich und meine Infrarot-Fernbedienung fließen.

2. Deep Search bei JT65

Den Fall des Deep-Search von JT65 erhält man aus Bild 1 durch Austausch von vier Details: (1) meine Satellitenschüssel durch die call3.txt Datenbasis, (2) meinen Fernseher und den zugeordneten 144 MHz-Empfänger durch die Signalerzeugung in JT65 und meinen Computer-Bildschirm, (3) mich und meine Fernbedienung durch die Programm-Schleife in JT65, die das automatische Durchprobieren aller aufgrund der Datenbasis möglichen Nachrichten erledigt, und (4) die Satellitenantenne und den Fernseher des Nachbarn durch die mich auf 144 MHz in JT65 rufende Station. Der generelle Informationsfluss bleibt derselbe. Was als dekodiertes Ergebnis auf meinem Computerbildschirm erscheint, stammt folglich aus der Datenbasis. Die angezeigten Rufzeichen wurden nicht über den Funkweg empfangen. Das dekodierte Resultat wurde aber aus einer Menge möglicher Nachrichten ausgewählt. Diese Menge ist proportional zur Länge der call3.txt Datenbasis. Sie ist ein Maß für die Schwierigkeit des QSOs. Damit erfüllt Deep-Search die klassische Forderung nach Übertragung der Rufzeichen auf dem Funkweg zweifelsfrei nicht.

3. Vergleich mit traditionellen Betriebsarten

CW oder SSB mit dem Alphabet „Alpha“, „Bravo“, ... sind nicht wesentlich anders. In dem Falle kennt der Empfänger nämlich alle Morsezeichen bzw. das Buchstabieralphabet „Alpha“, ... (das ist dann die „Datenbasis“). Beim Empfang einer Nachricht hat der Operator jeweils das am besten passende Zeichen zu wählen, eins nach dem anderen. Auch hier werden also nicht die Zeichen als solche empfangen sondern vielmehr die aktuelle Entscheidung wie z.B.: das erste Zeichen ähnelt am meisten „Delta“, das zweite „Juliet“, das dritte „Five“ usw. Der Unterschied zwischen Deep-Search und traditioneller Betriebsart besteht nur in der Anzahl der Möglichkeiten für die komplette Nachricht, was ja ein Maß für die Schwierigkeit des QSOs ist. Mit 43 verschiedenen Morsezeichen haben wir 43 Möglichkeiten pro empfangenem Morsezeichen. Für eine Nachricht aus zwei Zeichen gibt es dann $43 \cdot 43$ Möglichkeiten, für eine aus drei Zeichen $43 \cdot 43 \cdot 43$ Möglichkeiten. Tabelle 1 gibt die Anzahlen möglicher Nachrichten für den binären Fall (nur die zwei Zeichen 0 und 1), für den CW-Fall mit 43 Zeichen und für den Fall von JT65, das ein Alphabet mit 64 Zeichen benutzt (repräsentiert durch 64 verschiedene Frequenzen). Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen:

(1) Die JT65-Nachricht aus 12 Zeichen des 64-Alphabets entspricht etwa einer CW-Nachricht aus 13 Zeichen.

(2) Der Deep-Search-Dekoder lässt ungefähr 4096 mögliche Nachrichten zu. Das entspricht nach der Tabelle einer binären Nachricht aus 12 bit bzw. einer Nachricht aus nur zwei Zeichen des 64-Alphabets (also nur 1/6 der gesendeten Nachricht) oder weniger als drei CW-Zeichen.

Eine zusätzliche Eigenschaft des Deep-Search-Dekoders ist, dass man mit nacheinander übertragenen Nachrichten grundsätzlich nicht eine Vergrößerung der übertragenen Information erreichen kann. Ist nämlich in dem TV-Beispiel von Bild 1 der Kanal des Nachbarn gefunden, so kann eine Wiederholung nur das Vertrauen in das Resultat erhöhen. Dasselbe gilt für Deep-Search in JT65. Weil nämlich Funkamateure ihr Rufzeichen nicht beliebig ändern können, gibt es nur eine legale Nachricht als Anruf, die Deep-Search als Resultat finden kann. Eine Wiederholung kann das Vertrauen (die Konfidenz) in das Resultat erhöhen, aber nicht zusätzliche Information bringen. QSOs, bei denen die Identifizierung mit Deep-Search erfolgte, können deshalb (sofern das Signal nicht erheblich ansteigt) nur mit den speziellen Doppelton-Nachrichten für RO, RRR und 73 fortgesetzt werden. Diese übertragen, da die Reihenfolge festliegt, jeweils nur ein bit. In der Summe über alle empfangenen Durchgänge eines solchen QSOs werden dann weniger als 16 bit empfangen. Das ist insgesamt weniger als eine einzige CW-Nachricht aus drei Zeichen! Positiv an JT65

sind die Schwellwerte für die Identifikation, die dadurch deutlich vertrauenswürdiger ist als bei einem CW-QSO mit schwachen Signalen. Aber der Empfang von „HG“ (was andeuten soll, dass dies nur 12 Bit sind) mit einer Konfidenz von 99.99% ist nicht so gut wie der Empfang von „DJ5HG“ (volles Rufzeichen) mit einer Konfidenz von nur 99%.

Tabelle 1 (siehe engl. Text): Anzahl der möglichen Nachrichten für den binären Fall (zwei verschiedene Zeichen), den CW-Fall (43 verschiedene Zeichen) und den Fall von JT65 (64 verschiedene Zeichen). JT65 benutzt Nachrichten aus 12 Zeichen (fett gedruckt in der Tabelle). Die Zahl der möglichen Nachrichten ist dabei etwa dreimal so groß wie die einer CW-Nachricht aus 13 Zeichen. Dagegen ist die Zahl der möglichen Nachrichten beim Deep-Search-Dekoder ungefähr gegeben durch 4096, was einer Nachricht aus nur zwei Zeichen des 64-Alphabets entspricht. Eine CW-Nachricht aus drei Zeichen hat schon 79507 Möglichkeiten und enthält damit wesentlich mehr Information als das Resultat des Deep-Search-Dekoders.

4. Ein Vorschlag für neue QSO-Regeln

In den meisten sportlichen Disziplinen gibt es klare Definitionen für das Messen der Leistung, z.B. die benötigte Zeit für einen Sprint über 100 m. Die Schwierigkeit einer Amateurfunkverbindung hängt stark ab von den aktuellen Bedingungen und von der Menge der zu übertragenden Information. Die einfache Regel, den Austausch beider Rufzeichen zu verlangen, mag für traditionelle Betriebsarten angemessen sein. Mit der Einführung digitaler Betriebsarten sollte aber genauer spezifiziert werden, was damit gemeint ist. Andernfalls wäre es jedem anheim gestellt, dieses beliebig zu interpretieren. Dann bräuchten wir keine Regel, hätten aber auch kein faires Maß für Diplome, Erstverbindungen etc.. Der Autor schlägt deshalb folgende Regel vor:

Ein Funkkontakt zählt als gültiges QSO wenn beide Seiten

- (1) sich gegenseitig identifiziert haben,*
- (2) einen Report empfangen haben und*
- (3) eine Bestätigung empfangen haben für (a) die erfolgreiche Identifikation und (b) den Empfang des Reports und – notwendig nur auf einer Seite - (c) die Bestätigung.*

Diese Formulierung berücksichtigt zwanglos den großen Unterschied zwischen den beiden Rufzeichen, die für die Identifikation auch hier auszutauschen sind (ich kenne mein eigenes Call, erwarte beim Anruf also, dass es passt; nur das anrufende Call ist zunächst unbekannt und muss vollständig übertragen werden). Natürlich muss der Begriff *Identifikation* quantisiert werden. Das ist nach obigen Ausführungen offenbar der Kernpunkt. Mein Vorschlag ist:

Die Identifikation muss auf einer Entscheidung basieren, die eine Nachricht aus einer Anzahl möglicher Nachrichten auswählt, die größer ist als die Zahl der lizenzierten Funkamateure weltweit.

Diese Formulierung schränkt mögliche zukünftige Kodierungen in keiner Weise ein. Sie schließt aber verlustbehaftete Quellkodierung von Rufzeichen aus und garantiert Fairness. Sie löst auch das bekannte Problem der Gültigkeit von Skeds: Der Dekoder muss auch hier alle Rufzeichen als möglich ansehen. Wenn er nur nach dem Sked-Partner schaut, ist der Kontakt ungültig. Der Vorschlag vermeidet auch eine Unterscheidung von analogen gegenüber digitalen Betriebsarten. Man beachte, dass es mehr als 6 Milliarden Morsetexte aus 6 Zeichen gibt, die also alle Rufzeichen ohne Zusätze enthalten. Das ist mehr als ein Faktor Tausend größer als die vorgeschlagene Regel verlangt. Traditionelle Betriebsarten erfüllen also die Regel. Deep Search allerdings liegt umgekehrt mit etwa einem Tausendstel des Verlangten weit unter dieser Grenze. Der krasse Unterschied (Faktor eine Million!) zwischen konventionellen Methoden (und JT65 ohne Deep-Search!) einerseits und Deep-Search andererseits erklärt auch die Empörung einiger Amateure über die stillschweigende Akzeptanz solcher Methoden.

5. Eine Aufforderung

Falls noch jemand glaubt, mit Deep-Search könne man die oben genannte untere Grenze an Information übertragen, die ein Rufzeichen enthält (21 bit), der möge mir als Beweis zwei Algorithmen nennen: **A** für die Kodierung der 21 beliebigen Bit (oder auch für 4 lateinische Buchstaben plus Dezimalziffern und Blank) und **B** für die Rekonstruktion dieser Bit (oder 4 Zeichen) aus der vom Deep-Search-Dekoder erzeugten Ausgabe auf dem Bildschirm. Die Suche danach wird vielleicht tiefe Einblicke ermöglichen. Trotz sicherer Erfolglosigkeit muss sie deshalb nicht nutzlos bleiben.